



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DESCARGADAS AL RÍO COCA PROCEDENTES DE UN
ESTABLO DE GANADO VACUNO APLICADO EN LA FINCA LOS
PICOLINES DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE GUAYUSA EN LA
PROVINCIA DE ORELLANA”**

TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

Autor: ANDRÉS JULIÁN MORA CASTILLO

Tutor: DR. FAUSTO YULEMA GARCES

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2014 -

AGRADECIMIENTO

En primer lugar dar gracias al todo poderoso porque es el quien guía nuestros caminos y nos lleva por el mejor sendero, por darme esa fuerza y la sabiduría necesaria para poder sobrellevar todos los obstáculos que se pusieron en mi camino, a mis padres porque a ellos les debo más que mi vida les debo mi alma entera porque es lo que ellos han puesto por mí su alma entera para brindarme todo el apoyo y los recursos necesarios para lograr mis metas “gracias viejitos lindos”; a mi Director de Tesis Dr. Fausto Yaulema, a mi Asesor el Dr. Robert Cazar porque siempre supieron guiarme hacia la mejor solución darme el mejor consejo para hacer de este un muy buen trabajo; a todos mis amigos y compañeros que siempre estuvieron en los momentos buenos y malos apoyándome en lo que podían a todos ustedes gracias porque sin ustedes este trabajo no podría haberse hecho realidad.

Andrés

DEDICATORIA

Para todas aquellas personas que siempre estuvieron cerca para brindarme su apoyo y colaborar con este trabajo mis padres Francisco Mora y Margarita Castillo a mis hermanos Cristian, Iván y Gabriel a mis amigos Darwin, Yuly, José, Alejandro, Eliana, Jorge, Nelson, Eliecer, Jennifer y a mi novia Marilyn.

Andrés

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS AL RÍO COCA PROCEDENTES DE UN ESTABLO DE GANADO VACUNO APLICADO EN LA FINCA LOS PICOLINES DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE GUAYUSA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA”**, de responsabilidad del Egresado Señor Andrés Julián Mora Castillo ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nancy Veloz Mayorga DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS	_____	_____
Ing. María Fernanda Rivera DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	_____	_____
Dr. Fausto Yaulema DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Dr. Robert Cazar MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE TESIS ESCRITA	_____	_____

YO, Andrés Julián Mora Castillo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

ANDRÉS JULIÁN MORA CASTILLO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Ø	Diámetro del biodigestor
°C	Grado Celsius
C	Carbono
C/N	Relación Carbono-Nitrógeno
Cc	Colonias de Cf Contadas en la Placa
CD	Carga Diaria
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de Carbono
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
EPA	Agencia de Protección Ambiental
EF	Estiércol Fresco
g	Gramos
H₂	Hidrógeno
Hb	Altura del Biodigestor
Hc	Altura de la Cúpula
Kg	Kilogramos
L/s	Litros por segundo
L	Litros
mg	Miligramos
mg/L	Miligramos por litro
ml	Mililitros
M.O	Materia Orgánica
O₂	Oxígeno
PH	Potencial de Hidrógeno

Q	Caudal
SAF	Sulfato de Amonio Ferroso
ST	Sólidos Totales
T	Temperatura
TR	Tiempo de Retención
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
Vt	Volumen tanque del Biodigestor
Vb	Volumen del Biodigestor
Vci	Volumen del Cilindro
Vc	Volumen de la Cúpula
Vt	Volumen Total del Biodigestor

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
ANTECEDENTES	xv
OBJETIVOS	xviii
OBJETIVO GENERAL.....	xviii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xviii
1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.1. Aguas residuales	2
1.2. Clasificación de los contaminantes	5
1.2.1. <i>Contaminantes orgánicos</i>	5
1.2.2. <i>Contaminantes Inorgánicos</i>	6
1.3. Contaminantes habituales en las aguas residuales	7
1.3.1. <i>Arenas</i>	7
1.3.2. <i>Grasas y Aceites</i>	8
1.3.3. <i>Residuos con requerimiento de oxígeno</i>	8
1.3.4. <i>Nitrógeno y fósforo</i>	8
1.3.5. <i>Agentes patógenos</i>	8
1.4. Consecuencias que Acarrear los Vertido.....	9
1.4.1. <i>Aparición de fangos y flotantes</i>	9
1.4.2. <i>Agotamiento del contenido en oxígeno</i>	10
1.4.3. <i>Daño a la salud pública</i>	10
1.4.4. <i>Eutrofización</i>	10
1.4.5. <i>Otros efectos</i>	11
1.5. Caracterización de las Aguas Residuales.....	11
1.5.1. <i>Color, olor y sabor</i>	11
1.5.2. <i>Turbidez</i>	11
1.5.3. <i>Materia sólida</i>	12

1.5.4.	<i>pH</i>	12
1.5.5.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (dbos)</i>	12
1.6.	Niveles de Tratamiento	13
1.6.1.	<i>Pre tratamiento</i>	13
1.6.2.	<i>Tratamiento primario</i>	13
1.6.3.	<i>Tratamiento secundario</i>	14
1.6.4.	<i>Tratamiento avanzado o terciario</i>	15
1.6.5.	<i>Tratamiento de residuos industriales</i>	15
1.7.	Tratamiento de Aguas Residuales	16
1.7.1.	<i>Tratamientos físico – químicos</i>	16
1.7.2.	<i>Químicos</i>	16
1.7.3.	<i>Tratamientos biológicos</i>	17
1.8.	Los Residuos Ganaderos	19
1.9.	Biodigestores	20
1.9.1.	<i>Hidrólisis anaerobia</i>	21
1.9.2.	<i>Ventajas de un biodigestor</i>	22
1.9.3.	<i>Desventajas y riesgos de un biodigestor</i>	23
1.9.4.	<i>Criterios a considerar en el diseño de un biodigestor</i>	23
1.10.	Tipos de Biodigestores	24
1.11.	Estructura de un Biodigestor	26
1.12.	Usos de Biogás y Biol (Fertilizante)	27
1.13.	Marco Legal	27
1.13.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	27
1.13.2.	<i>Derechos de la naturaleza</i>	27
1.13.3.	<i>Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria libro VI anexo 1.</i>	28
CAPITULO II		33
2.	PARTE EXPERIMENTAL	33
2.1.	Determinación de la Carga Diaria de estiércol/agua en la Finca Los Picolines	33
2.2.	Muestreo	34
2.3.	Metodología	35
2.4.	Métodos y Técnicas	35
2.4.1.	<i>Determinación de potencial de hidrogeno (pH)</i>	36

2.4.2.	<i>Determinación de sólidos totales</i>	36
2.4.3.	<i>Determinación de demanda bioquímica de oxígeno (dbo₅)</i>	37
2.4.4.	<i>Determinación de demanda química de oxígeno (DQO)</i>	39
2.4.5.	<i>Coliformes totales y fecales</i>	40
2.5.	<i>Datos Experimentales</i>	42
2.5.1.	<i>Matriz de decisión</i>	42
2.5.2.	<i>Dimensionamiento del biodigestor</i>	43
2.5.3.	<i>Cálculos del dimensionamiento del biodigestor</i>	43
2.5.4.	<i>Elaboración de planos</i>	43
CAPÍTULO III		44
3.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	44
3.1.	Resultados	44
3.2.	Resultados de los análisis Físico, Químicos y Microbiológicos de las muestras tomadas. .	44
3.2.1.	<i>Potencial de hidrogeno (pH)</i>	44
3.2.2.	<i>Sólidos totales</i>	45
3.2.3.	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	45
3.2.4.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)</i>	46
3.3.	<i>Matrices para la selección del tipo de Biodigestor</i>	46
3.4.	Cálculos para el dimensionamiento de la Planta de Tratamiento	49
3.4.1.	<i>Cálculos para la determinación de carga diaria</i>	49
3.4.2.	<i>Cálculo de la mezcla agua + estiércol, cargada al biodigestor</i>	50
3.4.3.	<i>Cantidad de biogás diario que producirá la finca</i>	50
3.4.4.	<i>Cantidad de energía necesaria para la finca Los Picolines</i>	52
3.4.5.	<i>Caja de entrada de la planta de tratamiento</i>	53
3.4.6.	<i>Volumen del biodigestor</i>	54
3.4.7.	<i>Diámetro del biodigestor</i>	55
3.4.8.	<i>Radio del biodigestor</i>	56
3.4.9.	<i>Altura del tanque biodigestor</i>	56
3.4.10.	<i>Curvatura de la cúpula superior</i>	57
3.4.11.	<i>Radio de la curvatura de la esfera superior</i>	57
3.4.12.	<i>Volumen de la cúpula superior</i>	57
3.4.13.	<i>Curvatura de la cúpula inferior</i>	58

3.4.14.	<i>Radio de la curvatura de la esfera inferior</i>	58
3.4.15.	<i>Volumen de la cúpula inferior.....</i>	59
3.4.16.	<i>Volumen del cilindro</i>	59
3.4.18.	<i>Volumen final del biodigestor</i>	60
3.4.19.	<i>Caja de salida del biodigestor</i>	60
3.4.20.	<i>Altura de la tubería que conducirá la carga diaria al biodigestor y salida del mismo.</i>	61
3.4.21.	<i>Tubería que trasladara la carga diaria de estiércol/agua al biodigestor</i>	63
3.4.22.	<i>Tubería que conducirá el biogás.....</i>	63
3.4.23.	<i>Compuerta de limpieza</i>	63
3.5.	Resumen de las dimensiones del Biodigestor	63
3.6.	Método para evaluar la Inversión con Van Y Tir.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
CONCLUSIONES		69
RECOMENDACIONES		71
BIBLIOGRAFÍA:		72
ANEXOS:.....		76
ANEXO 1: TOMA DE MUESTRAS DEL LAVADO DEL ESTABLO PARA ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS.....		76
ANEXO 3: MUESTREO.....		78
ANEXO 4: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.....		79
ANEXO 5: HOJA DE RESULTADOS DE SÓLIDOS TOTALES FALTANDO MULTIPLICAR POR LA DILUCIÓN.....		89
ANEXO 6: ANÁLISIS DE MUESTRAS		90
ANEXO 7: PLANO DE LACAJA DE ENTRADA DEL BIODIGESTOR.		84
ANEXO 8: PLANO DE LA CAJA DE SALIDA DEL BIODIGESTOR.....		86
ANEXO 9: PLANO DE LAS DIMENSIONES DEL BIODIGESTOR.		87
ANEXO 10: PLANO DEL VOLUMEN FINAL DEL BIODIGESTOR.....		88
ANEXO 11: PLANO DE LA VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR.....		89
ANEXO 12: PLANO DE LA VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR, ESTABLO, VIVIENDA Y AVÍCOLA.....		90

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:	Composición de las Aguas Residuales Domésticas	5
FIGURA 2:	Fase de Fermentación Anaerobia	22
FIGURA 3:	Biodigestor de pozo séptico poner cuadro	24
FIGURA 4:	Biodigestor HINDÚ	25
FIGURA 5:	Biodigestor CHINO	25
FIGURA 6:	Biodigestor de estructura flexible	26

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I:	Contaminantes de Importancias a Tratar en el Agua Residual	7
TABLA II:	Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales .	9
TABLA III:	Deyecciones de bovinos, cerdos y aves	19
TABLA IV:	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	31
TABLA V:	Determinación del Caudal diario de Estiércol y agua en la Finca los Picolines	34
TABLA VI:	Determinación de pH en las muestras de agua	44
TABLA VII:	Determinación de Sólidos Totales.....	45
TABLA VIII:	Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	46
TABLA IX:	Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	46
TABLA X:	Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Flotante o “HINDÚ” ...	47
TABLA XI:	Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Fijo o “CHINO”	48
TABLA XII:	Matriz de Preselección para el Diseño de Estructura Flexible “POLIETILENO”	48
TABLA XIII:	Datos Básicos – Biogás de Ganado Vacuno	51
TABLA XIV:	Caja de Entrada del Biodigestor.....	64
TABLA XV:	Dimensiones de la Cámara del biodigestor	64
TABLA XVI:	Caja de Salida del Biodigestor	64
TABLA XVII:	Altura de la Tubería.....	65
TABLA XVIII:	Compuerta de Limpieza	65
TABLA XIX:	Análisis de precios para la Construcción del biodigestor	66

RESUMEN

Se diseñó una Planta de Tratamiento para aguas residuales procedentes de un establo de ganado vacuno, Aplicado en la Finca los Picolines de la Parroquia San José de Guayusa en la Provincia de Orellana, el mismo que servirá para evitar que los vertidos procedentes del lavado del establo contaminen los suelos y las fuentes de aguas que se encuentren cercanas a la descarga. Para lograr este objetivo se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales para determinar los parámetros y verificar el grado de contaminación de las mismas, se calculó la cantidad de agua descargada obteniéndose un caudal promedio diario de 324 Litros de mezcla diaria de estiércol/agua en la finca, el cual se utilizó en los cálculos de diseño, con los que finalmente se realizaron los planos de la Planta de tratamiento para las aguas residuales, la misma que consiste en un biodigestor tipo Chino que consta de las siguientes partes; una caja de entrada para la mezcla, la cámara de Digestión, la cúpula de acumulación del gas y la caja de salida de los residuos. Los resultados obtenidos con este tratamiento fueron muy positivos ya que se logró controlar la contaminación existente tanto en el suelo como en las fuentes de agua cercanas a la descarga hasta en un 98% y el 2% restante corresponde a derramamientos y pérdidas por accesorios utilizados en el sistema. Se recomienda la construcción e implementación de este sistema en la finca Los Picolines y en todas las fincas ganaderas del sector para contribuir a la no contaminación Ambiental y a más de eso generar energías alternativas como la obtención del biogás.

SUMMARY

ANTECEDENTES

La problemática Ambiental de los últimos años que ha venido afectando de manera progresiva los ecosistemas y afectando en gran parte al desarrollo normal de la vida ha hecho que el hombre busque soluciones que contribuyan con el desarrollo normal de sus actividades pero garantizando el control de los impactos generados al Ambiente, buscando así alcanzar esa armonía que tanto deseamos con el planeta y nosotros sus habitantes.¹

Una de estas alternativas es la del Biodigestor este es un sistema cerrado el cual brinda las características necesarias para que se puedan desarrollar los microorganismos degradadores de materia solida siendo apta para la reducción de muchos de los agentes contaminantes presentes en las aguas residuales, y que además proporcionando una posible fuente de energía alternativa como es el caso del biogás el cual se obtiene por la fermentación del estiércol con ayuda de bacterias anaerobias en este caso.²

La historia nos cuenta que ya desde el siglo XVIII se observó la presencia de gas que emanaba de la descomposición de la materia y más tarde se conocería como biogás, a la postre en el siglo XIX se realizaron una serie de ensayos administrados por L. Pasteur en donde se manifestó que era posible beneficiar la capacidad de combustión del metano con soluciones energéticas. A finales del siglo XIX y en las primeras décadas de este siglo en algunas ciudades de Europa, India y Estados Unidos se colocaron plantas para el proceso de aguas negras, en donde los fondos de alcantarillado eran expuestos a digestión anaeróbica. El gas que se produjo se lo utilizó para la iluminación pública o como parte del carburante obligatorio para operar la planta.

Durante y seguidamente de la segunda guerra mundial, las dificultades en los combustibles hizo que las exploraciones en esta área aumentaran.

Durante la década de los 50`s, en Asia y principalmente en la India, se desarrollan modelos sencillos de biodigestores, para la fabricación del biogás y bioabono propios para hogares

¹ http://tecnologiaedu.us.es/tecnoedu/images/stories/soc_ed.pdf

² <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3814/1/T-ESPEL-0835.pdf>

aldeanos, sustentados con estiércol y residuos vegetales. En China, India y Sudáfrica, debido a la carestía de recursos económicos estos métodos fueron publicándose y desarrollándose de manera que hoy estos países cuentan con más de 30 millones de biodigestores trabajando, a más de ello desarrollaron técnicas de generación gaseosa a pequeña y gran escala.³

³ <http://bio-digestores.blogspot.com/2012/06/historia.html>

JUSTIFICACIÓN

En vista de la gran necesidad de consumir agua de buena calidad para los pobladores de la Parroquia San José de Guayusa se ha realizado el diseño de esta planta de tratamiento para aguas residuales provenientes de un establo de ganado vacuno, las cuales al ser vertidas directamente al suelo estaban afectando a la calidad de las aguas subterráneas, las mismas aguas que la comunidad utilizaba para su abastecimiento y consumo sin antes pasar por un tratamiento adecuado de potabilización.

Los Picolines, es una finca ganadera que cuenta con aproximadamente 30 cabezas de ganado las cuales en su mayoría son llevadas a diario al establo para realizar actividades de ordeño, vacunación y revisión del ganado, esto provoca que los animales ensucien el lugar con sus heces y es por esta razón que se procede al lavado diario del establo para evitar el mal olor y la llegada de moscas e insectos indeseados, el establo está ubicado cerca de la vivienda de la familia Zambrano.

Este diseño tiene como finalidad contribuir con la disminución de contaminación a efluentes subterráneos ya más de ello aprovechar su producto final como abonos y energía obtenidos por el biogás, los lodos residuales y el biol.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para poder tratar las aguas negras procedentes del establo vacuno en la Finca Los Picolines ubicada en el Cantón Francisco de Orellana de la provincia de Orellana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual.
- ✓ Cuantificar el caudal requerido para el dimensionamiento de nuestro sistema de tratamiento.
- ✓ Establecer los parámetros de diseño para una planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Medir el grado de contaminación que estas aguas contribuyen a la contaminación del río Coca.
- ✓ Minimizar el impacto ambiental que causan dichas descargas en el río, ya que del mismo se toma el agua para el tratamiento de potabilización.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Aguas residuales

Llamadas así por ser producto del uso y desecho de actividades domésticas, comerciales o de procesos industriales, las cuales al pasar por una serie de actividades se ven afectadas en su composición natural, acarreando con ellas todo tipo de sustancias que no sean solubles y otras que también se mezclen con la misma y no deben desecharse sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales, para evitar su contaminación. Existen muchos componentes presentes en las aguas residuales que por procesos naturales pueden ser eliminados con facilidad, pero otros materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos son eliminados mediante métodos mecánicos y químicos; mientras que si los materiales a eliminarse son de elemento orgánico, se realiza un método generalmente con el uso de microorganismos que oxidan y transforman la masa orgánica en CO₂, es por esto que los sistemas de las aguas residuales son métodos en los cuales los microorganismos cumplen un papel fundamental.⁴

El procedimiento de las aguas residuales resulta en la exclusión de microorganismos perjudiciales, impidiendo que los microorganismos alcancen fuentes de abastecimiento de agua.

El tratamiento de las aguas residuales es un asunto en cadena de reacciones complicadas de digestión y fermentación causado por variedades bacterianas, la consecuencia de este proceso es la conversión de materiales orgánicos en CO₂ y gas metano, siendo este último de gran provecho en la generación de energía si es debidamente separado. Debido a que ambos son volátiles, el efluente líquido ha disipado visiblemente su contenido en

⁴ <http://clubensayos.com/Espa%C3%B1ol/Introduccion-Ing-Ambiental/1593830.html>

sustancias orgánicas. La eficiencia de un proceso de tratamiento se expresa en términos de porcentaje de disminución de la DBO₅ inicial.⁵

1.1.1. Tipos de aguas residuales

a) Aguas residuales domésticas: son las que derivan de viviendas y lugares donde existe la presencia de humana limitada a sus actividades domésticas.

b) Aguas residuales industriales: las aguas residuales industriales son precisamente aquellas que han pasado por un proceso de producción de un determinado producto y puede tener características muy distintas dependiendo del tipo de actividad que realicen dichas industrias y que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

c) Aguas residuales urbanas: se forman de la mixtura tanto de las aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía pluvial todas ellas se acopian en un sistema colector y se envían a una planta EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales).⁶

1.1.2. Características de aguas residuales

a) Aguas Residuales Domésticas: Los principales contaminantes de las aguas residuales domesticas son de origen orgánico, tanto en suspensión como en disolución, generalmente son biodegradables, y también se encuentran cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y sales minerales.

b) Aguas Residuales Industriales: Las aguas residuales industriales tienen una variabilidad muy extensa pues depende de las actividades y el tipo de empresa que las genera, las cantidades vertidas también están en dependencia de lo mismo. Esta variabilidad también se puede encontrar dentro de una misma industria.

⁵ <http://www.agricultura-ecologica.com>

⁶ <http://osvyaguaysaneamiento.bligoo.com/tipos-de-aguas-residuales#.U8AkoRxfGYU>

Las aguas residuales industriales por el mismo hecho de venir de un proceso industrializado viene con una carga de contaminantes que será mucho más difícil de tratar que las aguas residuales urbanas.

Para el tratamiento de las aguas industriales es necesario realizar estudios específicos para cada caso o para cada tipo de industrias por su alto grado de variación que puede presentar una de otra.

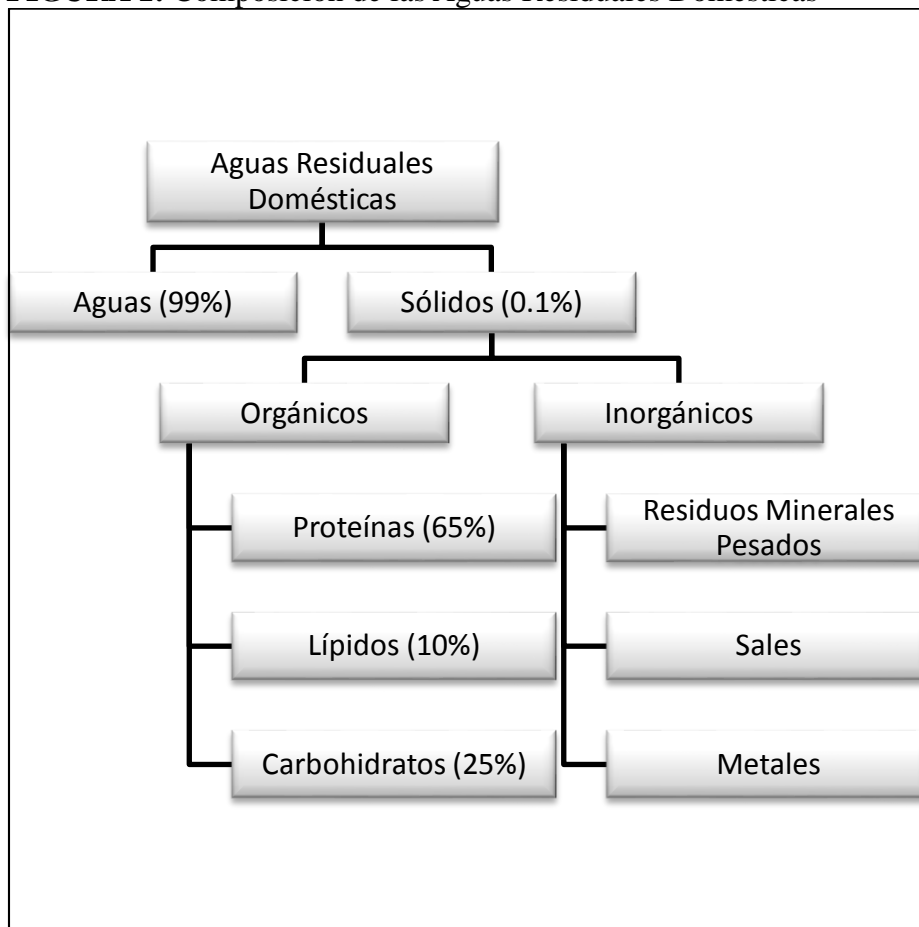
Diferente de las aguas residuales domésticas, las aguas industriales contienen con frecuencia sustancias de naturaleza química en concentraciones muy elevadas que no pueden ser tratadas con procesos convencionales. La mayoría de los compuestos orgánicos e inorgánicos encontrados en aguas residuales industriales que son objeto de regulación especial debido a su alta toxicidad o a los efectos biológicos que puedan presentar a largo plazo.

c) Aguas Residuales Urbanas: la contaminación vigente en las aguas residuales urbanas exhibe una innegable uniformidad, y estas serán siempre iguales.

Esta uniformidad tiene algunos límites dependiendo de ciertos factores que intervienen en las descargas como: la cantidad de habitantes, incidencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.⁷

⁷ [http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguasresiduales /tipologías/](http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguasresiduales/tipologías/)

FIGURA 1: Composición de las Aguas Residuales Domésticas



FUENTE: Metcalf & Eddy.

1.2. Clasificación de los contaminantes

En la composición de las aguas residuales existen diversas sustancias contaminantes, mismas que se detallan a continuación.

1.2.1. Contaminantes orgánicos

Compuestos principalmente de carbono estas sustancias cuentan también en su estructura con compuestos hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Estos se encuentran en los vertidos urbanos y los vertidos de las industrias agroalimentarias.

En las aguas residuales se presentan los siguientes componentes orgánicos:

a) Proteínas: Proviene principalmente de los desechos humanos y de aquellos procedentes de los residuos de productos alimentarios, son fácilmente degradables y los principales causantes de los malos olores.

b) Carbohidratos: procedentes de proteínas, en este grupo se encuentran los azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proviene de desperdicios y excretas animales.

c) Aceites y Grasas: los efectos inmiscibles en agua forman una película en la superficie de las aguas residuales provienen de desperdicios de comidas, excepto los aceites minerales que tienen otra procedencia.

Otros: existen muchos otros compuestos de origen variable y que pueden presentar niveles de toxicidad muy alta, así encontramos a los compuestos tensoactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados.⁸

1.2.2. Contaminantes Inorgánicos

Presentes en las aguas residuales, minerales y de origen variable: sales, óxidos, ácidos, bases inorgánicas, metales, etc. Se los encuentra comúnmente en aguas que provienen de industrias

Los compuestos inorgánicos de las aguas residuales van en dependencia de la materia contaminante y también de la misma naturaleza su fuente de contaminación.⁹

⁸<http://www.pollutionissues.com/Ve-Z/Wastewater-Treatment.html>

⁹<http://www.cyclucid.com/depuracion/caracteristicas-aguas-residuales>

TABLA I: Contaminantes de Importancias a Tratar en el Agua Residual

Contaminantes	Motivo de su Importancia
Sólidos Suspendidos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
Materia orgánica Biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es degradada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
Microorganismos Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto Nitrógeno como el Fosforo, junto con el Carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesivas en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Contaminantes Importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, el sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

Fuente::Metcalf Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. 1996.

1.3. Contaminantes habituales en las aguas residuales

1.3.1. Arenas

Son partículas de tamaño pequeño no sobrepasan los dos micrómetros de largo apreciables en su mayoría de origen mineral y tienen la capacidad de adherirse a la materia orgánica. Son las principales causantes de la turbidez del agua cuando se encuentran en suspensión y forman depósitos de lodo cuando encuentran en medio propicio para sedimentarse.

1.3.2. *Grasas y Aceites*

Procedente de lípidos que al ser inmiscibles en agua forman capas de espuma y natas en su superficie impidiendo que pueda ser fácil su tratamiento por lo que es necesario retirarlas antes de estas aguas ingresen en los procesos físicos y químicos del tratamiento.

1.3.3. *Residuos con requerimiento de oxígeno*

Estos residuos sufren de manera natural procesos de oxidación tomando oxígeno del medio y pueden ser tanto orgánicos como inorgánicos. Estas oxidaciones se llevan a cabo por dos vías únicamente: por vía química para residuos inorgánicos y por vía biológica para residuos orgánicos.

1.3.4. *Nitrógeno y fósforo*

Responsables del deterioro de las masas de agua por contribuir en la eutrofización, se presenta en aguas residuales a causa del uso de detergentes, fertilizantes y excretas humanas.

1.3.5. *Agentes patógenos*

Los principales agentes patógenos causantes de enfermedades son los virus y bacterias concurrencias en los restos orgánicos.

Otros: encontramos varios contaminantes específicos de origen diverso provenientes de aportaciones muy concretas: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc. ¹⁰

¹⁰<http://es.scribd.com/doc/60552055/10/Contaminantes-habituales-en-las-aguas-residuales>

TABLA II: Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales

Contaminantes	Parámetro de caracterización	Tipo de efluentes	Consecuencias
Sólidos Suspendidos	Sólidos suspendidos totales	Domésticos Industriales	Problema estético Depósito de barros Absorción de contaminantes Protección de patógenos
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	Domésticos Industriales	Problemas estéticos
Materia orgánica biodegradable	DBO ₅	Domésticos Industriales	Consumo de Oxígeno Mortalidad de peses Condiciones sépticas
Patógenos	Coliformes	Domésticos	Enfermedades transmitidas por el agua
Nutrientes	Nitrógeno Fósforo	Domésticos Industriales	Crecimiento excesivo de algas (eutrofización del cuerpo receptor) Toxicidad para los peces (amonio) Enfermedades en niños (nitratos) Contaminación de agua subterránea.
Compuestos no biodegradables	Pesticidas Detergentes Otros	Industriales Agrícolas	Toxicidad (varios) Espumas (detergentes) Reducción de la transferencia de oxígeno (detergentes) No biodegradabilidad Malos olores
Metales pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.)	Industriales	Toxicidad Inhibición al tratamiento biológico de las aguas residuales Problemas con la disposición de los barros en la agricultura Contaminación del agua subterránea

FUENTE: Dewisme, 1997; Matía et. al., 1999

1.4. Consecuencias que Acarrear los Vertido

1.4.1. Aparición de fangos y flotantes

Los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales forman aglutinamientos al llegar a los cauces naturales dando lugar a formaciones de fangos y lodos en las profundidades de los mismos esto dificulta el paso de oxígeno y nutrientes a las formas de vida que habitan en estos estratos.

Por otra parte los sólidos más livianos se acumulan en las orillas formando fangos desagradables a la vista y que pueden acarrear la presencia de otro tipo de contaminantes.

1.4.2. Agotamiento del contenido en oxígeno

El oxígeno disuelto en el agua es indispensable para el desarrollo de la vida acuática, cuando las aguas residuales ingresan en cauces naturales estos acarrear residuos de fácil oxidación tanto biológica como química que termina por consumir el oxígeno del medio.

Si la cantidad de estos residuos es excesiva dejará con niveles de oxígeno muy por debajo de los requeridos por los organismos causando una muerte en masa de los organismos que habitan en ese ecosistema.

Esto da como consecuencia la liberación de malos olores por la aparición de procesos bioquímicos anaerobios, que forman gases y compuestos volátiles.

1.4.3. Daño a la salud pública

Las aguas residuales públicas pueden acarrear en su torrente una cantidad de elementos de alta propagación de virus y bacterias patógenos para la buena salud del hombre.

1.4.4. Eutrofización

El elevado aporte de fosforo y nitrógeno en fuentes naturales de agua es favorable para el desarrollo intensivo de los consumidores de estos nutrientes; zoo, fitoplancton y plantas superiores. Estas terminan por cubrir la mayor cantidad de la masa de agua eliminando el ecosistema acuático por completo.

1.4.5. Otros efectos

Se dan por secuela de contaminantes muy concretos, como valores muy por encima o por debajo de los mínimos tolerables de pH, por la apariencia de tóxicos que actúan directamente en los seres vivos, etc.¹¹

1.5. Caracterización de las Aguas Residuales

1.5.1. Color, olor y sabor

Para poder clasificar el color de un agua es necesario diferenciarlo en real o verdadero cuando tiene solo sustancias en solución, o en aparente cuando presenta un color por a la aparición de sustancias que se encuentran en suspensión. En aguas claras y de escasa turbidez los colores real y aparente son casi los mismos.

Olor se define al agregado de sustancias volátiles que pueden ser percibidas por el olfato. Para la medición de olor y su disipación se debe ir diluyendo el agua hasta que no se perciba olor alguno. Los resultados son medidos por los límites de percepción y la dilución correspondiente que da un olor perceptible. Se recomienda que esta prueba se la realice entre dos o más personas por ser de carácter subjetivo.

Mientras que la evaluación del sabor se la realiza por degustación de la muestra en grandes diluciones que irán disminuyendo hasta que aparezca el sabor original.

1.5.2. Turbidez

Se debe a la presencia de sólidos en suspensión compuestos principalmente por arcillas, limos, partículas de sílice, materia orgánica e inorgánica. Se determina la turbidez por su gran aporte en la caracterización de las aguas para su tratamiento esto se lo realiza tanto en campo, como en laboratorio.

¹¹http://phpwebquest.org/newphp/webquest/soporte_mondrian_w.php?id_actividad=57926&id_pagina=2

1.5.3. *Materia sólida*

El material sólido presente en un agua se lo clasifica en tres niveles: las decantables, en suspensión y los residuos.

Los sólidos decantables se determinan poniendo en reposo un litro de agua en una probeta o cono graduados. Los resultados son expresados en mililitros de materia solida decantable por litro de agua.

Para la determinación de los sólidos en suspensión se puede utilizar el método de filtración o centrifugación. Los residuos que quedan sobre el filtro son secados y pesados, y la diferencia de pesos inicial y luego del secado determinan el valor de los sólidos.

1.5.4. *pH*

La determinación de la concentración de pH en un agua es un parámetro que determina la calidad de la misma. Existe un intervalo del pH óptimo para el desarrollo de la vida que va de entre 6,5 a 8,5, si este es alterado por sustancias ajenas a la naturaleza de las aguas provocara una acides o basicidad de la misma que producirá la muerte de la vida acuática. El agua industrial con una concentración adversa de ion de hidrogeno es difícil de tratar con métodos biológicos y si la concentración no se altera antes de la evacuación, el efluente puede alterar la concentración de las aguas naturales que cambian de colora determinados valores de pH.

$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

1.5.5. *Demanda bioquímica de oxígeno (dbos)*

La demanda bioquímica de oxígeno usada como medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la oxidación bioquímica aeróbica, es por ello que este parámetro de polución sea tan utilizado en el tratamiento de las aguas residuales, pues con sus valores

es posible realizar los cálculos para el dimensionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas. Podrá también calcular la cantidad y velocidad de oxígeno requerido para su sistema. La demanda de oxígeno de aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales:¹²

- ✓ **Materiales Orgánicos Carbónicos**, utilizados como fuentes de alimentación por organismos aeróbicos.
- ✓ **Nitrógeno Oxidable**, derivado de la presencia de nitritos, amoníaco y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven de alimento para bacterias específicas.
- ✓ **Compuestos Químicos Reductores**.

1.6. Niveles de Tratamiento

1.6.1. Pre tratamiento

Es un proceso en el que usando rejillas y cribas se separan restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc.

1.6.2. Tratamiento primario

En el tratamiento primario, los sólidos flotantes y en suspensión se liquidan y se retira de las aguas residuales. Flujo de las alcantarillas entra en un estante de la pantalla / bar para remover el material grande, flotante, tales como trapos y palos.

Luego fluye a través de una cámara de arenilla donde inorgánicos más pesados tales como arena y piedras pequeñas se eliminan.

Remoción de arena es generalmente seguida por un tanque de sedimentación (clarificadores) donde los sólidos suspendidos inorgánicos y orgánicos se resuelven fuera.

¹²<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Para matar a las bacterias patógenas, el efluente final del proceso de tratamiento se desinfecta antes de la descarga de las aguas receptoras. El cloro, en la forma de una solución de hipoclorito de sodio, se utiliza normalmente para la desinfección. Desde hace más de cloro que se necesita para proporcionar bacterias adecuadas mata de lo que sería seguro para la vida acuática en el arroyo, el exceso de cloro se elimina por dechloración. Los métodos alternativos de desinfección, como el ozono o la luz ultravioleta, son utilizados por algunas plantas de tratamiento.

Lodos que se deposita en el fondo del clarificador se bombea y se deshidrata para su uso como fertilizante, se eliminará en un vertedero, o incinerado. Lodos que están libres de metales pesados y otros contaminantes tóxicos se llama biosólidos y se puede reciclar de forma segura y beneficiosamente como fertilizante, por ejemplo.

1.6.3. *Tratamiento secundario*

El tratamiento primario siempre un buen comienzo, pero, con la excepción de algunos emisarios submarinos, es insuficiente para proteger la calidad del agua como es requerido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Con el tratamiento secundario, las bacterias en las aguas residuales se utilizan para purificar aún más el agua residual. El tratamiento secundario, un proceso biológico, se elimina el 85 por ciento o más de la materia orgánica en las aguas residuales en comparación con el tratamiento primario, que elimina aproximadamente el 50 por ciento.

Los procesos básicos son variaciones de lo que se denomina el "lodo activado" o "proceso de filtros percoladores", que proporcionan un mecanismo para bacterias, con el aire añadido para el oxígeno, para entrar en contacto con el agua residual para purificarla.

En el proceso de lodo activado, el flujo de la alcantarilla o clarificadores primarios entra en un tanque de aireación, donde el aire comprimido se mezcla con los lodos que se recicla desde clarificadores secundarios que siguen a los tanques de aireación. El reciclado, o se

activan, los lodos de las bacterias a consumir proporciona el "alimento" proporcionada por las aguas residuales nuevo en el tanque de aireación, por lo tanto, la purificación.

En un. Percolador filtrar los escurre de flujo sobre un lecho de piedras o medios sintéticos en los que los organismos crecen y purificación en contacto con el agua residual, la eliminación de contaminantes del proceso El flujo, junto con el exceso de los organismos que se acumulan en las piedras o los medios de comunicación durante la purificación, a continuación, pasa a un decantador secundario. El aire fluye a través de los medios en los filtros, para proporcionar el oxígeno necesario para los organismos bacterias. Se ha aclarado los flujos de efluentes a las aguas receptoras, por lo general un río o un pantano, después de la desinfección. El exceso de lodo se produce por el proceso y después de la recogida de la parte inferior de los clarificadores secundarios es deshidratado, a veces después de mezclar con lodo primario, para el uso como fertilizante, se eliminará en un vertedero, o incinerado.

1.6.4. Tratamiento avanzado o terciario

Medida que la ciencia avanza el conocimiento de los mecanismos de la vida acuática y los efectos sobre la salud humana, y la necesidad de agua más pura fue identificada, la tecnología desarrollada para proporcionar un mejor tratamiento. Los metales pesados, productos químicos tóxicos y otros contaminantes pueden ser removidos de las aguas residuales domésticas e industriales en un grado cada vez mayor. Métodos de tratamiento avanzado incluyen la microfiltración, la adsorción de carbón, evaporación / destilación, y la precipitación química.

1.6.5. Tratamiento de residuos industriales

Dependiendo del tipo de la industria y la naturaleza de sus desechos, las industrias deben utilizar métodos como los utilizados para el tratamiento avanzado de aguas residuales para purificar las aguas residuales que contengan contaminantes tales como metales pesados y

productos químicos tóxicos antes de que pueda ser dado de alta. Las industrias están permitidas para descargar directamente a las aguas receptoras en el marco del Sistema de Eliminación de Contaminación Nacional de Descarga (NPDES) sistema de permisos o de las alcantarillas municipales en el marco del Programa de Pre tratamiento Industrial. Programas de prevención de la contaminación son muy eficaces en ayudar a las industrias a reducir los contaminantes vertidos, mediante la eliminación de ellos en la fuente a través del reciclaje o a través de la sustitución de materiales más seguros. Más y más industrias se están acercando o alcanzar el vertido cero mediante la limpieza y la reutilización de sus aguas una y otra y otra vez.¹³

1.7. Tratamiento de Aguas Residuales

Para el tratamiento de las aguas residuales tenemos una serie de factores que influyen en la fermentación metanogénicas entre ellos:

1.7.1. Tratamientos físico – químicos

Usualmente estos tratamientos son usados para preparar el agua residual para la técnica de tratamiento posterior.

- ✓ Sedimentación.
- ✓ Flotación o Aireación.- Natural o provocada con aire.
- ✓ Filtración.- Con arena, carbón, cerámicas, etc.
- ✓ Evaporación.
- ✓ Adsorción.- Con carbón activo, zeolitas, etc.
- ✓ Desorción. Se transfiere el contaminante al aire (ej. amoníaco).
- ✓ Extracción.- Con líquido disolvente que no se mezcla con el agua.¹⁴

1.7.2. Químicos

¹³ www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/nivelestratamiento.html

¹⁴ <http://www.lenntech.es/fisico-y-quimico-trat.htm>

- a) **Coagulación-floculación.**-en este proceso se adiciona al agua pequeñas partículas coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, polielectrolitos, etc.), para aglutinar las partículas en suspensión.
- b) **Precipitación química.**- se adiciona cal lechada, hidróxido sódico u otros agentes que suben el pH para eliminar metales pesados haciéndolos insolubles.
- c) **Oxidación-reducción.**- Con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato potásico o sustancias reductoras como el sulfito sódico.
- d) **Reducción electrolítica.**- Provocando la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
- e) **Intercambio iónico.**- Con resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua.
- f) **Osmosis inversa.**- Haciendo pasar al agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.¹⁵

1.7.3. Tratamientos biológicos

El tratamiento biológico de las aguas residuales tiene por objetivo disminuir los residuos orgánicos que acarrean estos vertidos, reduciendo además el contenido de nutrientes y patógenos que puedan estar presentes. Esto se logra con procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

Los procesos de tratamiento biológico se pueden dividir según el estado en que se encuentren las bacterias responsables de la degradación. Si la biomasa bacteriana está sobre superficies inertes tales como roca, escoria, material cerámico o plástico, se habla de lecho fijo, o puede estar suspendida en el agua a tratar (biomasa suspendida). En cada una de estas situaciones, la concentración de oxígeno en el agua determina la existencia de bacterias aeróbicas, facultativas (pueden adaptarse para crecer y metabolizar tanto en presencia como en ausencia de oxígeno) o anaeróbicas.

¹⁵<http://mx.grundfos.com/industriessolutions/applications/chemical-treatment-wastewater.html>

a) Tratamientos Biológicos Anaerobios: Consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano.

Este proceso depende de ciertas reacciones donde se transfiere H_2 como:

- ✓ Digestión inicial de las sustancias macromoleculares por Proteasas, polisacaridasas y lipasas extracelulares hasta sustancias solubles.
- ✓ Fermentación de los materiales solubles a ácidos grasos.
- ✓ Fermentación de los ácidos grasos a acetato, CO_2 e H_2 .
- ✓ Conversión de H_2 más CO_2 y acetato en CH_4 (metano) por las bacterias metanogénicas.

b) Tratamientos Biológicos Aerobios: estos tratamientos se realizan con bacterias que requieren la presencia de oxígeno para su normal funcionamiento además estos microorganismos que se nutren con diversos compuestos de los que contaminan las aguas. Los flóculos que se forman por agregación de microorganismos son separados en forma de lodos, entre los cuales tenemos:

- ✓ **Lodos activados:** en esta forma se realiza una mezcla de los microorganismos en agua que son añadidos en las aguas servidas mediante procesos de aireación (burbujeo de aire o agitación de las aguas).
- ✓ **Filtros bacterianos:** en este proceso se realiza una especie de celda donde se coloca a los microorganismos y se hace fluir agua por ellos, se adiciona oxígeno para garantizar que el proceso sea aerobio.
- ✓ **Biodiscos:** Intermedio entre los anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el trabajo de los de estos últimos.
- ✓ **Lagunas aireadas:** específicos para el tratamiento de aguas servidas que ocupan una gran superficie de terreno. Se añade aire al sistema de manera mecánica en la superficie o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana.

- ✓ **Degradación Anaerobia:** Procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo.¹⁶

1.8. Los Residuos Ganaderos

Los residuos provenientes de la industria ganadera cada vez toman mayor importancia debido a la magnitud de los mismos y al problema que causan, no sólo por la abundancia de los volúmenes generados, sino también por su mayor intensificación en las producciones, la aparición de nuevos productos y primordialmente por la cantidad de enfermedades que tienen directa relación con el mal manejo de los desechos orgánicos y que son perjudiciales para la salud humana.

Las deyecciones de los porcinos van en términos de su peso en vida, aproximadamente una deyección diaria consta de un 80% de nitrógeno y fósforo y cerca del 90% del potasio de su ración. Esto supone que el estiércol de cerdo es un excelente fertilizante para el suelo.

El estiércol producido por los bovinos es el desecho con mayor producción en los agroecosistemas, por lo que es importante hacer un manejo apropiado de los mismos para no tener inconvenientes tales como mal olor, producción de nitratos y otros elementos contaminantes de cuerpos de agua.

La cantidad promedio de deyecciones producidas por animal/día pueden observarse en la tabla III ¹⁷

TABLA III: Deyecciones de bovinos, cerdos y aves

ANIMAL	EDAD (MESES)	DEYECCIONES PRODUCIDAS (ORINA + HECES KG/DÍA)
Ternero	3-6	7
Vaca	24+	28
Vaca lechera	24+	45

FUENTE: Robertson, 1977

¹⁶ <http://www.seom.org/en/informacion-sobre-el-cancer/guia-actualizada/nuevos-tratamientos-biologicos-que-son-y-como-actuan>

¹⁷ http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.pdf

1.9. Biodigestores

Son sistemas abiertos o cerrados que brindan un ambiente óptimo para el desarrollo bacteriano favoreciendo la degradación de la materia por acción biológica. En algunos casos, un biodigestor es un sistema en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de los mismos organismos. Este proceso puede ser aeróbico o anaeróbico.

Los biodigestores son sistemas que pueden ser empleados para el crecimiento de células y tejidos en cultivo celular. En los biodigestores se busca obtener una serie de condiciones ambientales propicias como: pH, temperatura, concentración de oxígeno, etcétera, que favorezcan el crecimiento del organismo o sustancia química que se cultiva.

Los biodigestores se clasifican en tres grupos que son:

a) Discontinuo: Se usa cuando la disponibilidad de materia orgánica es limitada o intermitente, se cargan una sola vez y se tiene que esperar a que se realice el proceso, se extrae el gas y los demás residuos una vez vaciado se puede volver a utilizar.

b) Semi-continuo: Se utiliza cuando los requerimientos de materia prima son por periodos cortos de tiempo de 12 horas, 1 vez al día, o cada dos días. Los principales, son el Hindú, el Chino, y el Taiwanés, cada uno con ventajas y desventajas, como si se quiere aprovechar más el gas, o el biol, si se quiere usarlo para fines sanitarios o de producción, diversas ventajas que veremos más adelante.

c) Continuo: Como su nombre lo indica este biodigestor es de carga continua y se utiliza mucho para el tratamiento de aguas negras, así como de producción a gran escala, con el uso de alta tecnología para el control, es sobre todo de corte industrial.

d) Digestores de Carga Intermitente, Discontinuo (Tipo Batch): Esta clase de biodigestor, se carga(o se llena) una vez, y se descarga el contenido digerido, una vez que finaliza el proceso de fermentado, ósea, cuando deja de producir gas. Tiene un solo orificio para la carga y descarga. La duración de la fermentación varía entre 2 a 4 meses, dependiendo del clima ya sea este cálido, templado, frio, etc.; ya que la temperatura afecta directamente la velocidad de reacción dentro del reactor.

Como este sistema de biodigestor tiene a la materia de principio a fin confinada, no hay sostenibilidad en la producción de biogás.¹⁸

Para nuestro diseño nos enfocaremos en los Biodigestor de régimen Semi-continuos, por ser los más utilizados a nivel artesanal de bajo costo y de gran beneficio, mencionaremos algunas características de construcción y funcionamiento.

1.9.1. Hidrólisis anaerobia

La hidrólisis es el proceso mediante el cual se produce la descomposición de la materia orgánica por la acción del sistema biológico a causa de polímeros naturales y en ausencia de compuestos inorgánicos, se realiza en las siguientes fases:

a) Hidrólisis y fermentación.- La primera fase corresponde a la fermentación causada por bacterias hidrolíticas anaerobias estas atacan las moléculas insolubles en agua, como las grasas, proteínas y carbohidratos, las transforman en monómeros y compuestos simples solubles.

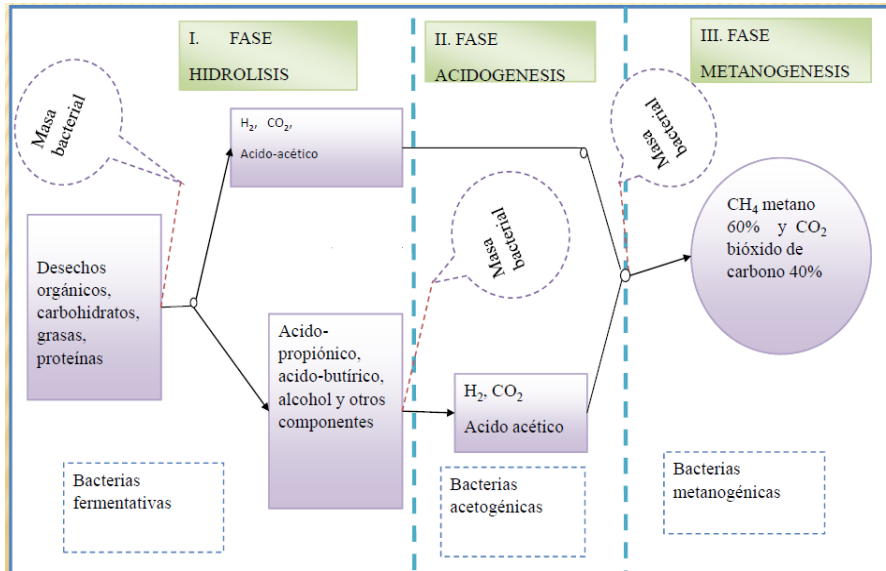
b) Acetogénesis y deshidrogenación.- Los compuestos que se formaron en la primera fase(alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos), ahora son degradados produciendo ácido acético, CO₂ e hidrógeno dando paso al desarrollo de la última fase con el sustratos de las bacterias metanogénicas.

c) Metanogénica.- En esta fase se produce metano por acción de bacterias metanogénicas a partir de CO₂ e hidrógeno.

¹⁸ <http://laenergiaparatodosytodas.blogspot.com/2013/10/si-la-energia-que-usas-no-es-renovable.html>

Estas están presentes en la descomposición de residuos orgánicos en un medio húmedo, sin oxígeno y una temperatura adecuada (no menor de 35°C).¹⁹

FIGURA 2: Fase de Fermentación Anaerobia



FUENTE: Tomado de McInerney and Beyant (1980)

1.9.2. Ventajas de un biodigestor

- ✓ Produce combustible natural (biogás).
- ✓ Contribuye a la deforestación (evita el uso de leña).
- ✓ Utiliza los desperdicios orgánicos que causan mal aspecto.
- ✓ Sus residuos son fuentes ricas en nutrientes para el suelo (fertilizante).
- ✓ Es un tipo de energía alternativa favorece la no emisión de gases de efecto invernadero.
- ✓ Elimina problemas sanitarios: impide olores desagradables, insectos y controla los microorganismos capaces de generar enfermedades.
- ✓ Cumple las normas nacionales e internacionales.

¹⁹http://www.researchgate.net/publication/40939969_Ingeniera_ambiental__fundamentos_entornos_tecnologas_y_sistemas_de_gestin.

- ✓ Impide la contaminación de mantos acuíferos.

1.9.3. Desventajas y riesgos de un biodigestor

- ✓ Debe estar ubicado cercano a su fuente de abastecimiento de materia orgánica.
- ✓ Se necesita un trabajo a diario, sobre todo para alimentar el biodigestor con la carga de materia orgánica.
- ✓ Se debe controlar la temperatura que debe estar entre 15 y 60°C, lo que perjudica el proceso en climas fríos.
- ✓ Dentro de la composición del biogás se encuentra un subproducto conocido como sulfuro de hidrógeno, que para el ser humano es muy tóxico y corrosivo para todo equipo del proceso.
- ✓ Si no se cumplen las normativas de seguridad personal y de mantenimiento es posible que se presenten riesgos de explosión o incendios.²⁰

1.9.4. Criterios a considerar en el diseño de un biodigestor

Para la planificación y diseño de un biodigestor es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Participación y responsabilidad de parte del beneficiario que implementará el biodigestor.
- ✓ Que se tenga toda la información y técnicas necesarias para la implementación y manejo del biodigestor.
- ✓ Tiempo para dar mantenimiento, recursos económicos para la construcción, mano de obra y área disponible para la construcción.

²⁰http://www.fao.org/alcl/file/media/pubs/2011/manual_biogas.pdf

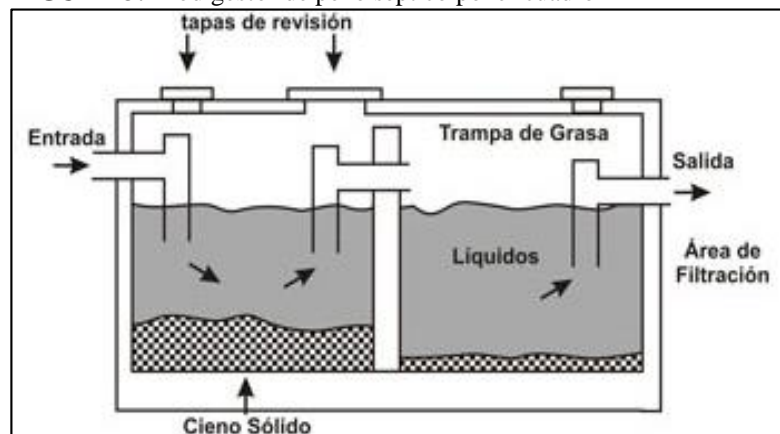
- ✓ El biodigestor se construye para satisfacer ciertas necesidades como: sanitaria, energética (biogás), fertilizantes, otros.
- ✓ Se debe disponer de materia prima, desechos pecuarios o domésticos para alimentar el sistema.²¹

1.10. Tipos de Biodigestores

Tenemos varios tipos de biodigestores que se detallan a continuación.

POZOS SÉPTICOS.- Es el más antiguo y sencillo digestor anaerobio que se conoce, utilizado normalmente para la disposición de aguas residuales domésticas. Se cree que de allí deriva el uso potencial de los gases producidos por la fermentación anaeróbica, para el uso doméstico.

FIGURA 3: Biodigestor de pozo séptico poner cuadro



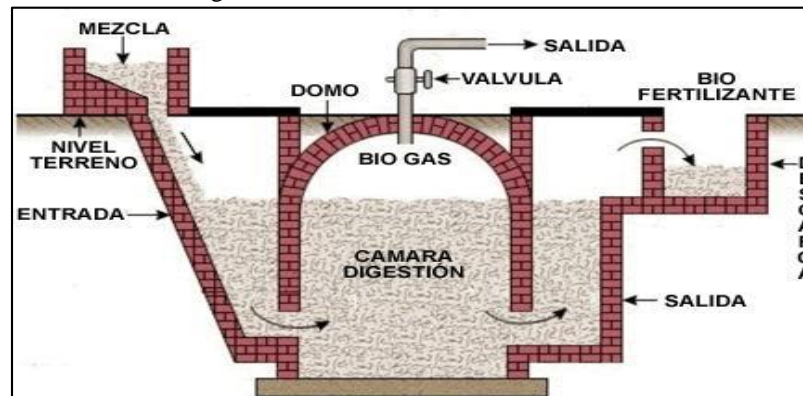
FUENTE: Digestión Anaerobia para el Tratamiento de Residuos Orgánicos.

DIGESTOR DEL DOMO FLOTANTE (Indio).- Este tipo de Biodigestor tiene la particularidad de contar con una parte que no está del todo unida al cilindro, es un tipo de campana flotante que a medida que el gas empieza a producirse esta se alza como un indicativo de la presencia del gas metano. El gas se acumula en la campana, haciéndola

²¹<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1938/12/UP SCT002337.pdf>

subir y luego vuelve a bajar cuando se extrae el gas a través de un tubo instalado en la campana misma.

FIGURA 4: Biodigestor HINDÚ

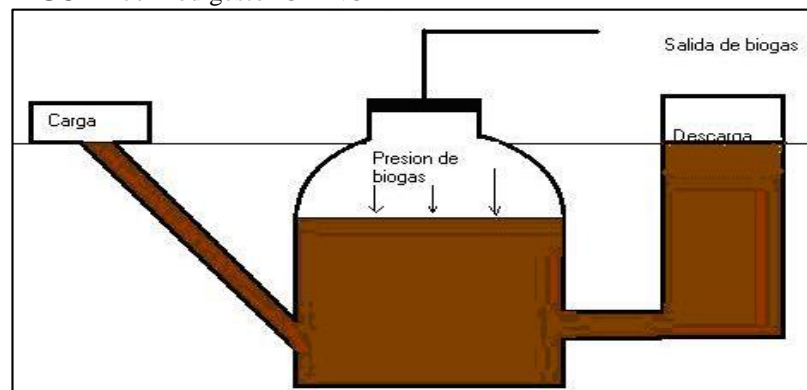


FUENTE: Digestión Anaerobia para el Tratamiento de Residuos Orgánicos

DIGESTOR DE DOMO FIJO (Chino).- Este bioreactor es un sistema totalmente cerrado de forma preferentemente cilíndrica construida de ladrillos, piedra u hormigón. El más utilizado por su fácil construcción y manejo.

Es precisamente este el diseño que se utilizará para el presente trabajo.

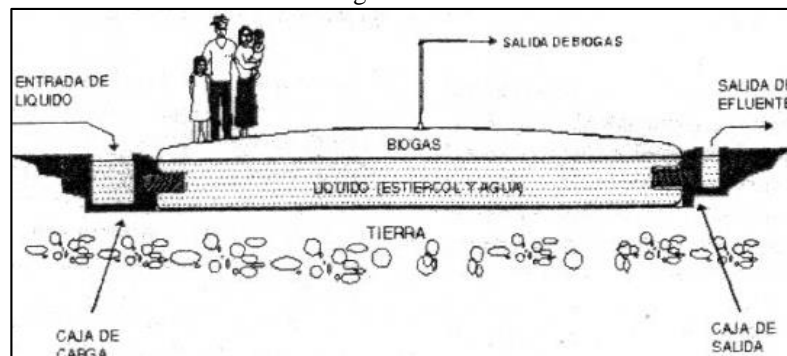
FIGURA 5: Biodigestor CHINO



FUENTE: Digestión Anaerobia para el Tratamiento de Residuos Orgánicos.

BIODIGESTOR DE ESTRUCTURA FLEXIBLE (Polietileno).- Como una forma de buscar una alternativa al consumo de la materia prima y la obtención de gas a bajo coste económico se creó el digestor de Polietileno que consiste en llenar de la misma carga de estiércol agua al igual en el los digestores anteriores pero este dentro de una bolsa de plástico de alta densidad obteniendo también muy buenos resultados en la obtención del biogás.

FIGURA 6: Biodigestor de estructura flexible



FUENTE: Digestión Anaerobia para el Tratamiento de Residuos Orgánicos

1.11. Estructura de un Biodigestor

Un biodigestor es un sistema que consta de dos partes principales que son:

- a) La Cámara de fermentación donde se produce la descomposición de la biomasa.
- b) Cámara de almacenamiento de gas.

Las siguientes, varían según el tipo de biodigestor:

- ✓ La cámara de entrada. Ingresa el residuo.
- ✓ La cámara de salida. Se obtiene el residuo usado.
- ✓ El agitador. Remueve los residuos.
- ✓ La tubería de gas. Salida para su uso.²²

²²<http://www.chapingo.mx/dima/contenido/tesis2011/tesisPascual.pdf>

1.12. Usos de Biogás y Biol (Fertilizante)

Producto de la degradación de la materia se obtiene dos productos que son ricos en nutrientes y pueden ser muy útiles como abono para los suelos.

El primero de ellos es líquido, es de fácil asimilación por las plantas contiene gran cantidad de nutrientes, es considerado un excelente fertilizante se lo conoce como Biol.

El segundo es el resultado del proceso de descomposición de la materia orgánica dentro del biodigestor (en ausencia de oxígeno) se lo conoce como biogás, este puede ser utilizado para la generación de calor, energía, entre otros.²³

1.13. Marco Legal

1.13.1. Constitución de la República del Ecuador

Art.3. Deberes primordiales del Estado, numeral 7.-“Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

Art.14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak Kawsay*”.

1.13.2. Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus

²³<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/999/1/100164.pdf>

ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 317.- Los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado. En su gestión, el estado priorizará la responsabilidad intergeneracional, la conservación de la naturaleza, el cobro de regalías u otras contribuciones no tributarias y de participaciones empresariales; y minimizará los impactos negativos de carácter ambiental, cultural, social y económico. ⁽²⁴⁾

1.13.3. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria libro VI anexo 1.

²⁴ http://www.asambleanacional.gov.ec/documento/constitucion_de_bolsillo2008.pdf

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

a) Criterios generales de descarga de efluentes

- ✓ Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.

El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.

El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

✓ **Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público.**

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

1. Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
2. Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
3. Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
4. Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

✓ **Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce:**

Se prohíbe todo tipo de descarga en:

Las cabeceras de las fuentes de agua.

1. Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
2. Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación:²⁵

²⁵Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, Anexo 1, tabla 4 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”, Quito-Ecuador., MAE., 2003.

TABLA IV:Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ =	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	oC		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

FUENTE.- TULSMA Libro VI, **TABLA 4:** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

La finca “LOS PICOLINES” propiedad del Sr. Marlon Zambrano y su Sra. Esposa, queda ubicada en la parroquia San José de Guayusa a unos 32 km de la Ciudad de Fco. De Orellana en la Provincia de Orellana.

Que es el lugar donde se llevara a cabo la investigación, iniciando con la toma de muestras para la caracterización de las aguas a tratar.

2.1. Determinación de la Carga Diaria de estiércol/agua en la Finca Los Picolines

Para la determinación del caudal diario producido durante el lavado del establo de ganado vacuno de la finca “LOS PICOLINES” se utilizó los materiales necesarios para la medición, el aproximado de unas 15 reses por día son llevadas hasta el establo para realizar labores de ordeño, revisión y mantenimiento del ganado, el cual pasa durante la noche y unas horas en la mañana mientras duran dichas labores.

Para la medición del caudal se utilizó un recipiente de 2 litro y un cronometro para realizar el cálculo de volumen versus tiempo.

Este procedimiento se lo realizo durante cinco días seguidos en las mañanas entre las 7 y las 8 de la mañana que es el tiempo que se demora en lavar por completo el establo una vez retirados los animales del lugar.

TABLA V: Determinación del Caudal diario de Estiércol y agua en la Finca los Picolines

Experimentación					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
N ^{ro} dereces	15	15	15	15	15
Caudal diario (L/s)	0,36	0,39	0,43	0,34	0,29
Promedio de reces	15	Promedio de caudal/día		0,36	L/s

FUENTE: Autor.

Una vez realizados los procedimientos de medición de caudal diario durante cinco días seguidos se obtuvo un promedio de caudal diario de 0,36 litros por segundo, que durante quince minutos que es el tiempo que dura el proceso de lavado del establo, tendríamos un volumen de 324 litros.

Materiales

- ✓ Recipiente de 2 litro
- ✓ Cronometro
- ✓ Guantes de látex
- ✓ Botas de caucho

2.2. Muestreo

El muestreo se lo realizo de manera puntual y simple en el lugar de la descarga, además también se tomó muestras del agua con la que se realiza el lavado y de las fuentes de agua cercanas, en las cuales encontramos una vertiente y un estero a menos de 200 metros de la descarga.

Las muestras fueron tomadas en la mañana y llevadas el mismo día al laboratorio para sus respectivos análisis realizados durante cinco días.

Materiales

- ✓ Frascos estériles
- ✓ Guantes, botas de caucho, mandil,
- ✓ Libreta de apuntes y marcador
- ✓ Recipiente de 2 litro

2.3. Metodología

Para la elaboración del diseño y la caracterización del Biodigestor, se aplicó la siguiente metodología mediante el Método Descriptivo y Cuantitativo.

- ✓ Conocer el caudal diario utilizado que se produce en el lavado del establo de la finca los Picolines
- ✓ Realización de cálculos y determinación de dimensiones.
- ✓ Conocimiento e investigación propia
- ✓ Elaboración de planos.

2.4. Métodos y Técnicas

Para la realización de la parte experimental se utilizaron las técnicas de análisis corresponden a las descritas en los Métodos Estándar para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (APHA; AWWA; WPCF; 22N ed.).⁽²⁶⁾

²⁶ESPAÑA., APHA-AWWA-WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales., 22N ed.

2.4.1. *Determinación de potencial de hidrogeno (pH)*

Método Potenciométrico SM 4500-H⁺ B

El pH es un parámetro que nos indica la acidez o alcalinidad del agua, varia de 1 a 14. Si el agua posee un pH menor a 7 se considera acida, caso contrario básica, igual a 7 neutra.

Materiales

- ✓ pH-metro.
- ✓ Un vaso de precipitación de 250 ml.
- ✓ Varilla de agitación

Reactivos

- ✓ Soluciones buffer pH 4 y pH 7 y pH10.
- ✓ Agua destilada
- ✓ Muestra de estiércol

Cálculo

Lectura directa.

2.4.2. *Determinación de sólidos totales*

Método 2540 B

Los sólidos totales (ST) se determinaran de las muestras tomadas del estiércol del ganado. La determinación se realizó de acuerdo con el método normalizado 2540B de la APHA-AWWA-WPFC, por gravimetría.

Materiales

- ✓ Placas de evaporación: placas de 100 ml de capacidad.
- ✓ Horno de mufla para operar a 550 ± 50 °C.
- ✓ Baño de vapor.
- ✓ Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador colorimétrico de concentración de humedad.
- ✓ Horno de secado, para operaciones a 103-105 °C.
- ✓ Balanza de análisis, capaz de pesar hasta 0,1 mg.

Cálculo

Sólidos totales secados a 105°C

Ecuación 1

$$ST \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{P(residuo + vaso) - P(vaso) * 1000}{V(muestra)}$$

2.4.3. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno (dbos)

Método SM 5210 B

El método se basa en la determinación del oxígeno disuelto en las muestras. La diferencia entre el contenido de oxígeno en las dos muestras antes y después del período de incubación da valor el valor de la DBO₅ y DQO, valor expresado en ppm.

Se diluye oportunamente la muestra con agua pura aireada, se divide esta dilución en tres alícuotas. Sobre la primera se determina inmediatamente el contenido de oxígeno disuelto después de haberlo conservado por cinco días a 20°C en la oscuridad.

Materiales

- ✓ Balón aforado de 1000 mL con la tapa
- ✓ Pipetas graduadas y volumétricas de diferentes volúmenes
- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Bureta
- ✓ Estufa termostato a 20 °C o a temperatura ambiente
- ✓ Recipiente para la reserva de agua de dilución
- ✓ Botellas para la determinación de oxígeno disuelto (Winkler)
- ✓ Pipeta

Cálculo

$$DBO_5 \text{ [mg/l]} = B - M$$

Dónde:

B= mg/l de O₂ en el blanco

M= mg/l de O₂ en las muestras, promedio de dos determinaciones

Los resultados se reportan redondeados:

<100 mg/L	1 mg/L
100 – 500 mg/L	5 mg/L
>500 mg/L	10 g/L

2.4.4. Determinación de demanda química de oxígeno (DQO)

Método HACH 8000

Hervir por dos horas a reflujo la muestra con dicromato de potasio (solución ácida) utilizando sulfato de plata como catalizador de la oxidación; el exceso se titula con FAS (sulfato ferroso amoniacal). Las sustancias orgánicas son oxidadas, y la cantidad de materia oxidable es proporcional al dicromato de potasio que se consume.

Materiales

- ✓ Un equipo de reflujo (refrigerante de bolas)
- ✓ Balones de vidrio de cuello esmerilado
- ✓ Reverbero
- ✓ Bureta
- ✓ Pipetas
- ✓ Probetas
- ✓ Espátula

Reactivos

- ✓ Solución de dicromato de potasio patrón 0,25N
- ✓ Reactivo acido-sulfúrico

- ✓ Solución indicadora de ferroina
- ✓ Sulfato de amonio ferroso (SAF) patrón para titulación 0,10M.
- ✓ Ácido sulfámico

Cálculo

Calcule la DQO en la muestra en mg/L como sigue:

Ecuación 2

$$DQO \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(A-B) * N * 8000}{S}$$

Dónde

A = ml de solución FAS requeridos para titular el Blanco.

B = ml de solución FAS requeridos para titular la Muestra.

N= Normalidad, Concentración de solución FAS.

S = ml de Muestra usada en el ensayo.

2.4.5. Coliformes totales y fecales

Método SM 9222 B y SM 9222 D

La bacteria Escherichiacoli, y el grupo Coliformes son los organismos más utilizados como guías de que exista o no contaminación fecal del agua. Las Coliformes habitan en el intestino grueso y proliferan en las aguas negras. Los análisis bacteriológicos se expresan en (índice NMP) en 100 ml de agua.

Materiales

- ✓ Sistema de filtración
- ✓ Mechero Bunsen
- ✓ Estufa de incubación
- ✓ Nevera
- ✓ Contador de
- ✓ colonias
- ✓ Pipeta automática
- ✓ Cajas Petri 60x15 mm
- ✓ Pinzas metálicas
- ✓ Puntas desechables de 5 y 1 ml
- ✓ Filtros de membrana estériles de $0,45 \pm 0,02 \mu\text{m}$

Reactivos

- ✓ Medio de Cultivo m-FC
- ✓ Ampollas de 2 ml con ácido rosálico
- ✓ Diluyente Buffer Fosfato
- ✓ Alcohol etílico antiséptico.

Cálculo de la Densidad de Coliformes Fecales

Reporte la densidad como Coliformes fecales en/100 ml calcule usando la siguiente ecuación:

$$\text{Coliformes fecales}/100\text{ml} = \frac{Cc*100*f}{M} \quad (3)$$

Dónde

CC.: colonias de Cf contadas en la placa (o promedio de duplicados).

f: factor de dilución.

M: volumen de muestra filtrada.

2.5. Datos Experimentales

2.5.1. Matriz de decisión

Las matrices de decisión se realizan para la preselección de un diseño más adecuado de digestor, mediante las cuales se califica los digestores y según su calificación se escoge el más idóneo para el lugar, evaluando aspectos fundamentales tales como.

- ✓ Tipo de materia prima
- ✓ Vida útil
- ✓ Requerimiento de área
- ✓ Costos
- ✓ Construcción
- ✓ Operación y Mantenimiento
- ✓ Rendimiento

2.5.2. Dimensionamiento del biodigestor

Para el dimensionamiento del Biodigestor se realizó con la información disponible principalmente con el caudal diario, resultado de sólidos totales, y el tiempo de retención, utilizando fórmulas para su dimensionamiento y tomando en cuenta los parámetros de diseño como el volumen del Biodigestor, tiempo de retención, carga diaria, altura del equipo, diámetro del equipo y biogás producido.

2.5.3. Cálculos del dimensionamiento del biodigestor

Los cálculos correspondientes al diseño del Biodigestor para el control de las aguas residuales, se realiza a partir de la cantidad de estiércol / agua que se generan a diario en la finca los Picolines y tomando los datos obtenidos en los análisis realizados en el laboratorio LABSU y formulas obtenidas de tesis de grado bajadas de la página de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.5.4. Elaboración de planos

Los planos se los realiza para poder identificar y visualizar la forma que tiene el Biodigestor, ya que solo con dimensionamiento numérico con fórmulas no se puede observar su estructura, por lo cual se realiza los diseños de planos utilizando el software Auto CAD 2013, el mismo que nos permite realizar un diseño a escala de nuestra Planta de Tratamiento

CAPÍTULO III

3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Resultados

Para la caracterización de las aguas residuales descargadas del lavado del establo de ganado vacuno de la finca Los Picolines, se tomaron las muestras puntuales en la descarga y del agua de la llave utilizada para el lavado del establo. Ver resultados en el anexo 5.

3.2. Resultados de los análisis Físico, Químicos y Microbiológicos de las muestras tomadas.

3.2.1. *Potencial de hidrogeno (pH)*

Las muestras de agua residual tomadas presentan una media de pH = 8,12 y las muestras del agua de lavado presentan una media de pH=7,01 lo cual demuestra que estas aguas presentan un pH óptimo para la digestión metanogénica.

TABLA VI: Determinación de pH en las muestras de agua

Experimentación	Estiércol/Agua (pH)	Experimentación	Agua (pH)
Muestra1	8,13	Muestra4	6,89
Muestra2	8,09	Muestra5	7,03
Muestra3	8,14	Muestra6	7,11
Media	8,12	Media	7,01
Mediana	8,13	Mediana	7,02
Desviación Estándar	0,03	Desviación Estándar	0,11

FUENTE: Autor

3.2.2. Sólidos totales

La remoción de sólidos totales del agua residual y del agua de lavado nos da una media de ST = 29,79 % y ST = 0,015 % respectivamente.

Los valores obtenidos de sólidos totales nos dan como resultado un promedio de ST = 14,90 %, lo cual según bibliografías es un valor aceptable para el tratamiento de la materia orgánica en tratamientos biológicos y físicos para la producción de biogás según Larry J. Douglas (1979).

TABLA VII: Determinación de Sólidos Totales

Experimentación	Estiércol/Agua (ST)%	Experimentación	Agua (ST)%
Muestra1	38,58	Muestra4	0,016
Muestra2	34,80	Muestra5	0,015
Muestra3	16,00	Muestra6	0,015
Media	29,79	Media	0,015
Mediana	32,29	Mediana	0,015
Desviación Estándar	12,09	Desviación Estándar	0,0007

FUENTE: Autor

3.2.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

Los resultados de análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) obtenidos de las muestras de agua residual y de lavado presentan una media de DQO = 813,6 mg/L y DQO = 14,11 mg/L respectivamente, lo cual nos indica una idea del valor de la cantidad de la materia orgánica biodegradable o no contenida en el estiércol.

Presentando un promedio de las dos muestras de DQO = 413,85 mg/L, lo cual indica que existe una carga orgánica alta contenida en el estiércol.

TABLA VIII: Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Experimentación	Estiércol/Agua (DQO)mg/L	Experimentación	Agua (DQO)mg/L
Muestra1	813,6	Muestra4	14,11

FUENTE: Autor

3.2.4. *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)*

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en la degradabilidad de la materia orgánica es muy importante, debido a que es el consumo de oxígeno en mg/L que se encuentra en la materia orgánica biodegradable por los microorganismos.

La DBO₅ nos da conocer la cantidad de material biodegradable, según el tiempo y la temperatura que los residuos a degradar permanezcan en tratamiento, presentando valores aceptables para este, con un de DBO₅ = 285,85 mg/L.

TABLA IX: Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Experimentación	Estiércol/Agua (DBO₅)mg/L	Experimentación	Agua (DBO₅)mg/L
Muestra1	570	Muestra 4	1,7

FUENTE: Autor.

3.3. *Matrices para la selección del tipo de Biodigestor*

Para la pre selección del Biodigestor que más se ajuste a los requerimientos y necesidades de la Finca los Picolines, se realizó una matriz para evaluar los puntos favorables y negativos de cada tipo de Biodigestor teniendo como resultado los siguientes.

Siendo la calificación de 0 a 5

- ✓ 0 = No funciona
- ✓ 1 = Suficiente
- ✓ 3 = Adecuado
- ✓ 5 = Muy Bueno

TABLA X: Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Flotante o “HINDÚ”

BIODIGESTOR DE DOMO FLOTANTE O “HINDÚ”					
#	A	B	C	D	E
	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	D*A
1	5	Tipo de Materia Prima	5	1	5
2	15	Vida Útil	3	0,6	9
3	5	Requerimiento de Área	5	1	5
4	20	Costos	3	0,6	12
5	15	Construcción	5	1	15
6	15	Operación y Mantenimiento	5	1	15
7	25	Rendimiento	3	0,6	15
TOTAL	100				76

FUENTE: Autor

Este tipo de Biodigestor tiene aspectos a favor como es el tipo de materia prima, el área para su construcción y su mantenimiento pero presenta la desventaja que su tiempo de vida útil no es muy bueno debido a que su campana flotante está hecha de metal y esta se oxida y se corroe representando el 76 % de aceptación.

TABLA XI: Matriz de Preselección para el Diseño de Domo Fijo o “CHINO”

BIODIGESTOR DE DOMO FIJO O “CHINO”					
#	A	B	C	D	E
	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	D*A
1	5	Tipo de Materia Prima	5	1	5
2	15	Vida Útil	5	1	15
3	5	Requerimiento de Área	5	1	5
4	20	Costos	3	0,6	12
5	15	Construcción	3	0,6	9
6	15	Operación y Mantenimiento	3	0,6	9
7	25	Rendimiento	5	1	25
TOTAL	100				80

FUENTE: Autor

El Biodigestor de domo fijo o “Chino” con una aceptación del 80%, gracias a sus aspectos a favor como es el tipo de materia prima, la vida útil, su operación y mantenimiento, y por su rendimiento, motivos por los cuales se ha elegido a este tipo de Biodigestor como el más apropiado para el tratamiento de las aguas negras en la finca Los Picolines.

TABLA XII: Matriz de Preselección para el Diseño de Estructura Flexible “POLIETILENO”

BIODIGESTOR DE ESTRUCTURA FLEXIBLE O “POLIETILENO”					
#	A	B	C	D	E
	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	D*A
1	5	Tipo de Materia Prima	5	1	5
2	15	Vida Útil	1	0,2	3
3	5	Requerimiento de Área	5	1	5
4	20	Costos	5	1	20
5	15	Construcción	5	1	15
6	15	Operación y Mantenimiento	3	0,6	9
7	25	Rendimiento	3	0,6	15
TOTAL	100				72

FUENTE: Autor

En este tipo de Biodigestor tiene un 72% de aceptación por lo que es menos aceptable para el diseño, debido principalmente a su tiempo de vida útil ya que sus materiales de construcción están hechos de plástico no es apto para los requerimientos del tratamiento de las aguas negras de la finca Los Picolines.

3.4. Cálculos para el dimensionamiento de la Planta de Tratamiento

Para los cálculos correspondientes al diseño del Biodigestor para el control de las aguas residuales, se realiza a partir de la cantidad de estiércol / agua que se generan a diario en la finca los Picolines y tomando los datos obtenidos en los análisis realizados en el laboratorio LABSU. El cual se realizara a partir de los datos obtenidos en la tabla VII.

Las fórmulas para el dimensionamiento del biodigestor han sido tomadas de la tesis de grado de Edwin Lara y María Hidalgo, 2011.⁽²⁷⁾

3.4.1. Cálculos para la determinación de carga diaria

Teniendo en cuenta que para realizar los cálculos de dimensionamiento de un biodigestor es necesario conocer la carga diaria o la cantidad de gas necesario, y por ser una planta de tratamiento comenzaremos por conocer la carga diaria partiendo del caudal obtenido descrito en la **Tabla V** y donde se obtuvo un volumen de 324 L que multiplicado por el valor de la DBO₅ sacado de los resultados del informe de resultados de los análisis de laboratorio nos dará la carga diaria.

$$DBO_5 \frac{570 \text{ mg}}{L} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ mg}} = 0,57 \text{ Kg/L} \quad (4)$$

El caudal obtenido fue de 0,36 L/s esto por los 15 minutos que dura el proceso de lavado o descargo de agua nos da el siguiente resultado de volumen.

$$Q \quad \frac{0,36 \text{ L}}{s} \times 900s = 324 \frac{\text{L}}{\text{dia}} \quad (5)$$

²⁷<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1652/1/236T0056.pdf>

$$CD = \frac{0,57kg}{L} \times \frac{324L}{día} = 184.68 \frac{Kg}{día} \quad (6)$$

Entonces tenemos que la carga diaria para la Finca Los Picolines será de 184,68 Kg de estiércol fresco al día con una relación 1:4 estiércol/agua.

3.4.2. *Cálculo de la mezcla agua + estiércol, cargada al biodigestor*

Una vez conocida la cantidad diaria de estiércol fresco requerido diariamente, se procedió a calcular la mezcla total (agua + estiércol) que se debía cargar al biodigestor, esta mezcla se realizó en una relación 1: 4, es decir 1 Kg. de E.F, en 4 Kg de agua, asumiendo que 1Kg de E.F = 1Lt E.F.

$$\text{Carga diaria } CD = CE + \text{Agua} \quad (7)$$

$$CD = 46.17 \frac{kg}{día} EF \times \frac{1lt EF}{1kg EF} + 138.51 lt \text{ agua} = 184.68 \frac{lt}{día} \text{ mezcla}$$

$$CD = 184.68 \frac{lt}{día} \text{ mezcla} \times \frac{1m^3}{1000 lt} = 0.185 \frac{m^3}{día} \text{ mezcla}$$

3.4.3. *Cantidad de biogás diario que producirá la finca*

La cantidad de biogás que se produce en la finca los Picolines se usa la tabla de datos básicos de diseño de biodigestores de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno.

Para el cálculo de la cantidad de energía que producirá la finca los Picolines se usó la tabla VII debido a que los valores obtenidos a nivel de laboratorio reportan valores similares de 0.14 Kg de sólidos totales por 1 Kg. de estiércol fresco, tomando en cuenta una

temperatura de 25 °C, temperatura promedio en la zona y apta para la producción de Biogás.

TABLA XIII: Datos Básicos – Biogás de Ganado Vacuno

1 Kg de Estiércol Fresco (EF)	=	0.20 Kg de Sólidos Totales (ST)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.8 Kg de Sólidos Volátiles (SV)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.30 m ³ de Biogás a (35°C y Pr. Atm)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.25 m ³ de Biogás a (30°C y Pr. Atm)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.20 m ³ de Biogás a (25°C y Pr. Atm)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.16 m ³ de Biogás a (22°C y Pr. Atm)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.10 m ³ de Biogás a (18°C y Pr. Atm)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.08 m ³ de Biogás a (15°C y Pr. Atm)

FUENTE: Larry J. Douglas (1979)

Para realizar el cálculo se tomó el primer valor obtenido en laboratorio, mientras que el segundo de la tabla XIII.

1 Kg de Estiércol Fresco (EF)	=	0.16 Kg de Sólidos Totales (ST)
1 Kg de Sólidos Totales (ST)	=	0.20 m ³ de Biogás a (25°C y Pr. Atm)

Lo que se utilizó para el calcular del biogás que se producirá en la finca, fue la cantidad de materia prima producida a diario según los cálculos realizados para la mezcla agua más estiércol, contándose con una cantidad de estiércol (CE)= 46.17 Kg de EF/día, teniendo los siguientes valores.

$$46.17 \frac{\text{Kg de EF}}{\text{día}} \times \frac{0.16 \text{ Kg de ST}}{1 \text{ Kg de EF}} \times \frac{0.20 \text{ m}^3 \text{ de Biogás}}{1 \text{ Kg de ST}} = 1.48 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{diario}} \quad (8)$$

Con un sobredimensionamiento del (+;-) 10 % se tendrá.

$$50.79 \frac{\text{Kg de EF}}{\text{día}} \times \frac{0.16 \text{ Kg de ST}}{1 \text{ Kg de EF}} \times \frac{0.20 \text{ m}^3 \text{ de Biogás}}{1 \text{ Kg de ST}} = 1.63 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{diario}} \quad (9)$$

$$41.55 \frac{\text{Kg de EF}}{\text{día}} \times \frac{0.16 \text{ Kg de ST}}{1 \text{ Kg de EF}} \times \frac{0.20 \text{ m}^3 \text{ de Biogás}}{1 \text{ Kg de ST}} = 1.33 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{diario}} \quad (10)$$

Producción mensual de biogás en energía.

$$1.48 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{diario}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 45 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}} \quad (11)$$

$$45 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}} \times \frac{1.2 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ de biogás}} = 54 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

El biogás que producirá la finca los Picolines con el diseño de la planta de tratamiento de sus residuos orgánicos es de 1.48 m³ de biogás al día, con un (+;-) 10 % pudiendo ser 1.63m³ la cantidad máxima y como mínima y 1.33m³ de biogás diario.

La producción mensual de biogás promedio es de 45m³ de biogás o 54kWh.

3.4.4. Cantidad de energía necesaria para la finca Los Picolines

Mensualmente la finca los Picolines necesita.

Cocina: 1 tanque de GLP mensual

$$\text{Kg de GLP} = 1 \text{ tanque de GLP} \times \frac{15 \text{ Kg}}{1 \text{ tanque de GLP}} = 15 \text{ Kg mensual}$$

Alumbrado, necesitando 70kWh/mes.

$$70 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ de biogás}}{1,2 \text{ kWh}} = 58.33 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}} \quad (12)$$

$$58.33 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}} \times \frac{0,45 \text{ Kg de GLP}}{1 \text{ m}^3 \text{ de biogás}} = 26.2 \text{ Kg mensual}$$

La cantidad necesaria que consume la finca los Picolines es de 41.3 Kg de GLP mensual.

Cantidad de GLP en m³ de biogás

Utilizando para la cocina 15 Kg de GLP y electricidad 26.2 kg de GLP.

$$\frac{41.2 \text{ Kg GLP}}{\text{mensual}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{0.45 \text{ Kg de GLP}} = 91.55 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}} \quad (13)$$

Los 91.55 m³ de biogás/mensual es la cantidad necesaria de biogás para cubrir las necesidades básicas de la finca los Picolines.

Siendo en energía.

$$\frac{41.2 \text{ Kg GLP}}{\text{mensual}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{0.45 \text{ Kg de GLP}} \times \frac{1.2 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3} = 109.8 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \quad (14)$$

La cantidad de energía que aportará la planta de tratamiento de la finca los Picolines es de 54 kWh representando aproximadamente un 50 % del consumo mensual de energía, lo cual es 109.8 kWh/mes, satisfaciendo así la mitad del consumo mensual de biogás gracias al aporte de la planta de tratamiento de residuos orgánicos siendo en este caso un biodigestor.

3.4.5. Caja de entrada de la planta de tratamiento

La caja de entrada para la mezcla diaria de la planta de tratamiento de los residuos orgánicos procedentes del establo como es el domo fijo o “Chino” su figura geométrica será de forma cuadrada debido a que la mezcla de estiércol más agua es añadida diariamente, por tanto se dimensionará en base a la carga diaria (CD).

L= Longitud de los Lados de la Caja

$$L = \sqrt[3]{0.185 \frac{\text{m}^3 \text{ de mezcla}}{\text{día}}} \quad (16)$$

$$L = 0.56 \text{ m}$$

Cada lado de la caja de entrada en su interior debe tener 0.60 m de longitud con un sobredimensionamiento queda de: longitud = 0.90 m, ancho = 0.90 m y su altura = 0.80 m: el grosor de la base de la caja será de 0.20 m, y sus bordes de sus lados de 0.10 m cada uno y estarán formados por hormigón ciclópeo. Quedando finalmente con una comodidad suficiente para poder introducir la carga diaria de 0.185 m³ de mezcla/día para el tratamiento en el biodigestor. (Ver Anexo 7)

3.4.6. Volumen del biodigestor

Los cálculos del volumen del tanque para el biodigestor se utilizarán la carga diaria de estiércol/agua y un tiempo de retención de 30 días, tiempo óptimo para la producción de biogás a 25 °C.

Donde

V_b= Volumen del biodigestor

CD = Carga diaria

TR = Tiempo de retención

$$V_b = CD \times TR \quad (16)$$

$$V_b = 0.185 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 30 \text{ días}$$

$$V_b = 5.55 \text{ m}^3$$

EL volumen del biodigestor para el tratamiento de los residuos será de 5.55 m³

3.4.7. *Diámetro del biodigestor*

Encontrado el volumen del biodigestor y tomando en cuenta que es un biodigestor de forma cilíndrica vertical, considerando de diámetro (\emptyset) igual a su profundidad vertical (H) tenemos.

$$\emptyset = H$$

Dónde:

V_b = Volumen del tanque del biodigestor

A = Área

H = altura

\emptyset = Diámetro interior

$$V_b = A \times H(17)$$

$$V_b = \frac{\pi \emptyset^2}{4} \times H$$

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{V_{tb} \times 4}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{5.55 \text{ m}^3 \times 4}{3.1416}}$$

$$\emptyset = 1.92 \text{ m}$$

El diámetro del biodigestor en la parte interior será de 1.92 m aumentando 0.20 m de espesor de hormigón ciclópeo con la finalidad de evitar infiltraciones en el suelo, quedando de 2.32 m de diámetro exterior.

3.4.8. *Radio del biodigestor*

Donde

r = Radio interior del biodigestor

$$\mathbf{r} = \frac{\mathbf{\varnothing}}{2} \quad (18)$$

$$\mathbf{r} = \frac{1.92 \text{ m}}{2}$$

$$\mathbf{r} = 0.96 \text{ m}$$

3.4.9. *Altura del tanque biodigestor*

La relación del diámetro con la altura no es necesariamente 1 a 1, pero como se tomó que el diámetro (\varnothing) igual a su profundidad vertical (H), realizamos el cálculo de la altura del biodigestor de volumen 5.55 m³ y diámetro de 1.92 m.

$$\mathbf{V_b} = \frac{\pi \mathbf{\varnothing}^2}{4} \times \mathbf{H_b} (19)$$

Despejando H tenemos

Hb = Altura del Biodigestor

$$\mathbf{Hb} = \frac{\mathbf{V_{tb}} \times 4}{\pi \mathbf{\varnothing}^2}$$

$$\mathbf{Hb} = \frac{5.55 \text{ m}^3 \times 4}{3.1416 \times (1.92 \text{ m})^2}$$

$$\mathbf{Hb} = 1.92 \text{ m}$$

3.4.10. Curvatura de la cúpula superior

Donde

f_1 = Altura de la cúpula superior

$$f_1 = \frac{1}{5} \times \varnothing \quad (20)$$

$$f_1 = \frac{1}{5} \times 1.92 \text{ m}$$

$$f_1 = 0.38 \text{ m}$$

La altura de la cúpula en la parte superior del biodigestor tendrá 0.38 m.

3.4.11. Radio de la curvatura de la esfera superior

r_1 = Radio de la curvatura de la esfera superior

$$r_1 = \frac{r^2 + f_1^2}{2f_1} \quad (21)$$

$$r_1 = \frac{(0.96 \text{ m})^2 + (0.38 \text{ m})^2}{2 \times 0.38 \text{ m}}$$

$$r_1 = 1.40 \text{ m}$$

3.4.12. Volumen de la cúpula superior

Donde

V_{cs} = Volumen de la cúpula superior

$a = 3$ constante

$$V_{cs} = \pi(f_1)^2 \times \left(r_1 - \frac{f_1}{a} \right) \quad (22)$$

$$V_{cs} = 3.1416 \times (0.38 \text{ m})^2 \times \left(1.40 \text{ m} - \frac{0.38 \text{ m}}{3} \right)$$

$$V_{cs} = 0.57 \text{ m}^3$$

3.4.13. Curvatura de la cúpula inferior

Donde

f_2 = Altura de la cúpula inferior

$$f_2 = \frac{1}{8} \times \emptyset \quad (23)$$

$$f_2 = \frac{1}{8} \times 1.92 \text{ m}$$

$$f_2 = 0.24 \text{ m}$$

3.4.14. Radio de la curvatura de la esfera inferior

r_2 = Radio de la curvatura de la esfera inferior

$$r_2 = \frac{r^2 + f_2^2}{2f_2} \quad (24)$$

$$r_2 = \frac{(0.96 \text{ m})^2 + (0.24 \text{ m})^2}{2 \times 0.24 \text{ m}}$$

$$r_2 = 2.04 \text{ m}$$

3.4.15. *Volumen de la cúpula inferior*

Donde

V_{ci} = Volumen de la cúpula inferior

a = 3 constante

$$V_{ci} = \pi(f_2)^2 \times \left(r_2 - \frac{f_2}{a} \right) \quad (25)$$

$$V_{ci} = 3.1416 \times (0.24 \text{ m})^2 \times \left(2.04 \text{ m} - \frac{0.24 \text{ m}}{3} \right)$$

$$V_{ci} = 0.35 \text{ m}^3$$

3.4.16. *Volumen del cilindro*

Donde

V_{c1} = Volumen del cilindro

$$V_{c1} = \pi r^2 H (26)$$

$$V_{c1} = 3.1416 \times (0.96 \text{ m})^2 \times 1.92 \text{ m}$$

$$V_{c1} = 5.56 \text{ m}^3$$

3.4.17. *Altura final del biodigestor*

Donde

H_{fb} = Altura final del biodigestor

H_b = altura del borde de la base

$$H_{fb} = H + H_b + f_1 + f_2 \quad (27)$$

$$H_{fb} = 1.92 \text{ m} + 0.32 \text{ m} + 0.38 \text{ m} + 0.24 \text{ m}$$

$$H_{fb} = 2.86 \text{ m}$$

3.4.18. Volumen final del biodigestor

Donde

V_{fb} = Volumen final del biodigestor

V_b = Volumen de biogás almacenado

$$V_{fb} = V_{cs} + V_{ci} + V_{c1} \quad (28)$$

$$V_{fb} = 0.57 \text{ m}^3 + 0.35 \text{ m}^3 + 5.56 \text{ m}^3$$

$$V_{fb} = 6.48 \text{ m}^3$$

$$V_b = V_{fb} - V_{tb}$$

$$V_b = 6.48 \text{ m}^3 - 5.55 \text{ m}^3$$

$$V_b = 0.93 \text{ m}^3$$

(Ver Anexo 11)

3.4.19. Caja de salida del biodigestor

La caja de salida del biodigestor de acuerdo al biodigestor seleccionado como es el domo fijo o “Chino” su figura es geométrica será de forma cuadrada ya que se requiere extraer el fluido de salida cuya cantidad es parecida a la cantidad de entrada de mezcla diaria de estiércol más agua.

Por tal razón sus dimensiones serán: el lado de 0.90 m, su ancho de 0.90 m y su altura de 0.80 m. dando como resultado una caja de salida de 0.65 m³. De igual manera su base será de 0.20 m y sus bordes de 0.10 de hormigón ciclópeo, con la comodidad suficiente para poder extraer el fluido de salida. (Ver Anexo 8.)

3.4.20. *Altura de la tubería que conducirá la carga diaria al biodigestor y salida del mismo.*

Para lo cual se realiza los siguientes cálculos.

$$46.17 \frac{\text{Kg de EF}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} = 1385.1 \text{ Kg de EF}$$

Mensualmente introduciendo al biodigestor 1385.1 Kg de EF, de los resultados de laboratorio se tiene que por cada Kg de estiércol fresco el 14 % son sólidos totales teniendo al mes.

$$ST = \frac{\text{Kg de EF} \times 14 \%}{100 \%} \quad (29)$$

$$ST = \frac{1385.1 \text{ Kg de EF} \times 14 \%}{100 \%}$$

$$ST = 193.91 \text{ Kg de EF}$$

Como 1 Kg de EF = 1 Lt de EF tenemos.

$$ST = 193.91 \text{ Kg de EF} \times \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ Kg de EF}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0.194 \text{ m}^3$$

Despejando H_t

$$V_{st} = \frac{\pi \phi^2}{4} \times H_t \quad (30)$$

Donde

H_t = Altura de la tubería

V_{st} = Volumen de sólidos totales

$$H_t = \frac{V_{st} \times 4}{\pi \phi^2}$$

$$H_t = \frac{0.194 \text{ m}^3 \times 4}{\pi \times (1.92 \text{ m})^2}$$

$$H_t = 0.07 \text{ m}$$

Con una limpieza del biodigestor cada 6 meses.

$$H_t = (0.07 \text{ m} \times 6 \text{ meses})$$

$$H_t = 0.42 \text{ m}$$

Finalmente se colocará a 0.60 m de altura para no tener inconvenientes futuros.

Con una altura de la tubería para la carga diaria desde la base del biodigestor de 0.60 m tomando en cuenta una limpieza cada 6 meses, ya que se tiene una relación 1:4 de estiércol/agua y por tanto la acumulación de sólidos totales no será mayor al 14 % de su totalidad, mientras que la tubería de salida del fluido tendrá 0.75 m de altura desde la base del biodigestor, tomando en cuenta que el fluido de salida es el líquido procedente de la descomposición y tratamiento de residuos que se encuentran dentro del biodigestor. (Ver Anexo 9)

3.4.21. *Tubería que trasladara la carga diaria de estiércol/agua al biodigestor*

El estiércol-agua y la salida del fluido hacia el biodigestor, será conducida a través de una tubería de PVC de 200 mm de diámetro con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal por mayor facilidad y comodidad al momento de introducir los residuos a tratar. (Ver Anexo 8)

3.4.22. *Tubería que conducirá el biogás*

La extracción del biogás del biodigestor se utilizara una tubería de acero inoxidable de ½ pulgada de diámetro con una longitud de 0.50 m, para la conducción del biogás hasta su uso se utilizara tubería de PVC de ½ pulgada de diámetro. (Ver Anexo 9 y 12)

3.4.23. *Compuerta de limpieza*

Sus dimensiones serán de 0.45 m de longitud y 0.37 m de ancho ocupando 0.17 m², la cual ira ubicada en la parte superior de la cúpula, y se cubrirá del mismo material del biodigestor forrada en sus alrededor con adherentes y por encima con impermeabilizantes para evitar así fugas de biogás, facilitando así la comodidad de limpieza del biodigestor. (Ver Anexo 11)

3.5. Resumen de las dimensiones del Biodigestor

Las dimensiones del biodigestor están tomadas de los cálculos realizados en el capítulo III.

TABLA XIV: Caja de Entrada del Biodigestor

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Longitud	L	0.90	m
Ancho de la caja	La	0.90	m
Altura de la caja	H _c	0.80	m

FUENTE: Auto

TABLA XV: Dimensiones de la Cámara del biodigestor

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Tanque del biodigestor			
Volumen del tanque del biodigestor	V _b	5.55	m ³
Diámetro interior	Ø	1.92	m
Radio interior del biodigestor	R	0.96	m
Altura	H	1.92	m
Altura final del biodigestor	H _{fb}	2.86	m
Cúpula Superior del Biodigestor			
Altura de la cúpula superior	f ₁	0.38	m
Radio de la curvatura de la esfera superior	r ₁	1.40	m
Volumen de la cúpula superior	V _{cs}	0.57	m ³
Cúpula Inferior del Biodigestor			
Altura de la cúpula inferior	f ₂	0.24	m
Radio de la curvatura de la esfera inferior	r ₂	2.04	m
Volumen de la cúpula inferior	V _{ci}	0.35	m ³
Biodigestor			
Volumen del cilindro	V _{cl}	5.56	m ³
Volumen final del biodigestor	V _{fb}	6.48	m ³
Volumen de biogás almacenado	V _b	0.93	m ³

FUENTE: Autor

TABLA XVI: Caja de Salida del Biodigestor

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Longitud	L	0.90	m
Ancho de la caja	La	0.90	m
Altura de la caja	H _c	0.80	m

FUENTE: Autor

TABLA XVII: Altura de la Tubería

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Altura de la tubería de entrada de la mezcla diaria	H _t	0.60	m
Altura de la tubería de salida de la tubería	H _t	0.75	m
Diámetro de la tubería	Ø	200	mm

FUENTE: Autor

TABLA XVIII: Compuerta de Limpieza

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Longitud de la compuerta	L	0.45	m
Ancho de la compuerta	L	0.37	m
Área de la compuerta	A	0.17	m ²

FUENTE: Autor

Las dimensiones del biodigestor se encuentran en los planos. (Ver Anexo 12 y 10)

TABLA XIX: Análisis de precios para la Construcción del biodigestor

PRESUPUESTO PARA LA COSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR DE DOMO FIJO					
FECHA : 01 DE JULIO DEL 2014					
UBICACIÓN: FINCA LOS PICOLINES					
ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Mano de obra 3 personas	días	8	60,00	480,00
2	Excavción del terreno	m³	12	12,00	144,00
3	limpieza del terreno	m²	14	3,00	42,00
4	Encofrado para la construcción	m²	70	6,40	448,00
5	Quintales de cemento 50 Kg	qq	15	8,75	131,25
6	Malla electrosldada		2	80,00	160,00
7	Hierro de refuerzo		6	9,00	54,00
8	Tubería de Acero de 1/2 "	ml	1	25,00	25,00
9	Tubería de PVC de 1/2 "	ml	8	3,95	31,60
10	Acoples para las Tuberias	ml	20	1,25	25,00
11	Tubería de 4 "	ml	10	20,00	200,00
12	Tubería de PVC de 200 mm		1	40,00	40,00
13	Arena 1/2" de volqueta		0,5	35,00	17,50
14	Lastre 1/4" de volqueta		0,25	25,00	6,25
15	Instalaciones de tuberias y accesorios	ml	1	40,00	40,00
16	Bloques de 12 x 15		100	0,25	25,00
VALOR TOTAL \$					1869,60

FUENTE: Autor.

Si se lleva a cabo la implementación del biodigestor no generara un gasto si no una inversión que traerá a mediano y largo plazo grandes beneficios económicos y ambientales a la finca los Picolines.

Los beneficios directos del uso de la tecnología de los biodigestores puede ser estimada en base al uso del biogás como una fuente alternativa de energía renovable y a la aplicación de nutrientes aportados como fertilizantes y abonos químicos en la agricultura.

El diseño del biodigestor se tomó en relación al beneficio económico según el autor (Bonilla, J, 2005) (un dólar de inversión se gana un dólar setenta de producción de biogás).

3.6. Método para evaluar la Inversión con Van Y Tir

Glp

$$45 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{mes}} \times \frac{0.45 \text{ Kg de GLP}}{\text{m}^3 \text{ de biogás}} \times \frac{1 \text{ GLP}}{15 \text{ Kg}} = 1.35 \frac{\text{GLP}}{\text{mes}}$$

1 GLP = 7 USD debido a la distancia para su compra.

3.5 GLP = x USD

$$\text{USD} = \frac{1.35 \text{ GLP} \times 7 \text{ USD}}{1 \text{ GLP}} \times 1 \text{ año (12 meses)} \quad (31)$$

$$\text{USD} = 113,40 \text{ USD al año} \times 5 \text{ años tenemos}$$

$$\text{USD} = 567 \text{ USD de ahorro}$$

El presupuesto para la construcción del biodigestor es de 1860,60 USD.

$\text{TIR} \geq \text{TMAR}$ Se realiza la inversión

$\text{VAN} \geq 0$ Se acepta el proyecto

$\text{VAN} = \text{Vp} - \text{Io}$ Vp = Valor presente Io = Inversión inicial

$\text{Io} = 1869,60 \text{ USD}$

Ahorro = 567 USD en 5 años

Tasa de descuento = 10, 50 %

$$\text{Vp} = \frac{567}{(1.105)^1} \times \frac{567}{(1.105)^2} \times \frac{567}{(1.105)^3} \times \frac{567}{(1.105)^4} \times \frac{567}{(1.105)^5} \quad (32)$$

$$\text{Vp} = 513,12 + 464,36 + 420,23 + 380,31 + 344,17$$

$$\text{Vp} = 2122,19 \text{ USD}$$

$$\text{VAN} = \text{Vp} - \text{Io} \quad (33)$$

$$\text{VAN} = 2122,19 - 1869,60$$

$\text{VAN} = 252,59 \text{ USD}$ Se acepta la construcción.

TIR = ?

TMAR 5 %

$$VAN = \frac{567}{(1.05)^1} \times \frac{567}{(1.05)^2} \times \frac{567}{(1.05)^3} \times \frac{567}{(1.05)^4} \times \frac{567}{(1.05)^5} - 1869,60 \quad (34)$$

$$VAN = 540 + 514,29 + 489,79 + 466,47 + 444,26 - 1869,60$$

$$VAN = 2454,81 - 1869,60$$

$$VAN = 585,21$$

$$585,21 - 252,59$$

$$0 = 332,62$$

TMAR 20 %

$$VAN = \frac{567}{(1.20)^1} \times \frac{567}{(1.20)^2} \times \frac{567}{(1.20)^3} \times \frac{567}{(1.20)^4} \times \frac{567}{(1.20)^5} - 1869,60 \quad (35)$$

$$VAN = 472,50 + 393,75 + 328,13 + 273,44 + 227,86 - 1869,60$$

$$VAN = 1695,68 \text{ USD} - 1869,60$$

$$VAN = -173,92$$

$$-173,92 - 252,59$$

$$0 = -426,51$$

%	0
5	332,62
TIR?	0
20	-426,51

$$TIR - 5 = x \frac{0 - 332,62}{-426,51 - 332,62} (20 - 5) \quad (36)$$

$$TIR \% = 11,57$$

11,57 > 10,5 % Se lleva a cabo la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ El diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales para la finca los Picolines es factible requiriéndose una inversión de 1869,60 USD para su posterior implementación, pudiendo recuperar su inversión en 5 años, una vez realizada la viabilidad económica del mismo tenemos un Valor Actual Neto = 252,59 USD después de su inversión y la Tasa Interna de Retorno = 11,57 % lo cual lo hace viable económicamente y pudiendo llevarse a cabo su construcción en cualquier momento.
- ✓ La caracterización de las aguas residuales procedentes del establo de la finca se llevó a cabo mediante análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos, obteniéndose como resultados valores altos en sus parámetros analizados: pH = 7.01, ST = 14.90%, DQO = 413,85 g/L, DBO₅ = 285,85 g/L, cuyos resultados demuestran que causan una contaminación tanto al suelo como al agua debido a que no reciben ningún tipo de tratamiento antes de ser arrojada a dichos recursos, es por tal razón indispensable el diseño del biodigestor de domo fijo previo a su construcción para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del establo.
- ✓ Se realizó la cuantificación de caudal de las aguas residuales en la finca los Picolines obteniéndose como caudal promedio 324 L/día de mezcla estiércol/agua procedente del establo, el cual se utilizó para determinar la carga diaria de estiércol/agua y sus posteriores dimensiones que alimentaría diariamente al biodigestor seleccionado.
- ✓ Los parámetros establecidos para la planta de tratamiento de aguas residuales fue los de un biodigestor seleccionado mediante una matriz de preselección escogiéndose el biodigestor de domo fijo con un aceptación del 80 % gracias a sus aspectos a favor y condiciones del lugar, y estableciéndose sus parámetros de diseño los siguientes Carga Diaria, Tiempo de Retención, Temperatura, Volumen, Diámetro, altura y radio.

- ✓ Las dimensiones del Biodigestor de Domo Fijo o “CHINO”, se realizó mediante cálculos con la utilización de fórmulas establecidas para este tipo de diseño, teniendo así un biodigestor de 5.56 m^3 de capacidad, sus medidas son: Tanque Biodigestor: $V_b = 7.55 \text{ m}^3$, $\varnothing = 1.92 \text{ m}$, $r = 0.96 \text{ m}$, $H = 2.86 \text{ m}$; Cúpula Superior: $f_1 = 0.38 \text{ m}$, $r_1 = 1.40 \text{ m}$, $V_{cs} = 0.57 \text{ m}^3$; Cúpula Inferior: $f_2 = 0.24 \text{ m}$, $r_2 = 2.04 \text{ m}$, $V_{ci} = 0.35 \text{ m}^3$. Volumen: $V_{cl} = 5.56 \text{ m}^3$, $V_{fb} = 6.48 \text{ m}^3$, $V_b = 0.93 \text{ m}^3$.

- ✓ El grado de contaminación que representa este tipo de aguas residuales al ser arrojadas directamente al río Coca es alto ya que sus resultados de laboratorio se encuentran fuera del límite máximo permisible por la norma de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor de agua dulce en la tabla IV que expresa límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, de laboratorio $ST = 297948.02 \text{ mg/L}$, $DQO = 413,85 \text{ mg/L}$, $DBO_5 = 285,85 \text{ mg/L}$ y de la norma $ST = 1600 \text{ mg/L}$, $DQO = 250 \text{ mg/L}$, $DBO_5 = 100 \text{ mg/L}$, lo cual indica que es necesario darle un tratamiento antes de ser arrojadas al suelo o al agua, siendo así indispensable el Diseño del Biodigestor para el previo tratamiento de las aguas residuales.

- ✓ Con el diseño del biodigestor y su posterior construcción a futuro se lograra minimizar en mayor parte la contaminación de los recursos suelo y agua, ya que representa una nueva alternativa de tratamiento de desechos orgánicos disminuyendo así el impacto ambiental causado por las aguas residuales, además es un aporte económico y eficiente por sus beneficios como es dar electricidad y abonos orgánicos que se pueden utilizar en la agricultura de la finca los Picolines.

RECOMENDACIONES

- ✓ El Biodigestor debe estar en un lugar y espacio adecuado en donde reciba la mayor cantidad de rayos solares para tener así una temperatura óptima para para que se pueda desarrollar de mejor manera la descomposición orgánica y favorezca la producción de Biogás natural.
- ✓ Debe encontrarse cerca donde el gas será usado, para evitar costos de materiales para distribución.
- ✓ Deberá estar a 15 metros de distancia de una fuente de agua para evitar algún incidente de contaminación ambiental causada por la infiltración o alguna fuga del contenido que se encuentra dentro de este.
- ✓ Para mayor facilidad deberá encontrarse cerca en donde se produce la materia prima óptima para su funcionamiento.
- ✓ Debe ser lo más herméticas posible para evitar inconvenientes de fugas tanto de residuos como de biogás, recomendable utilizar los mejores materiales.

BIBLIOGRAFÍA:

AENOR. Gestión Ambiental “Caracterización de las Aguas Residuales”. 2. ed. Madrid-España. McGraw-Hill. 1998, pp. 12-19

<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieriaambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
2014/01/18

AGUAS RESIDUALES. hackerdark37. 2014

<http://clubensayos.com/Espa%C3%B1ol/Introduccion-Ing-Ambiental/1593830.html>
2013/06/29

ECUADOR. ASAMBLEA NACIONAL. CONSTITUCIÓN NACIONAL DEL ECUADOR. Registro Oficial N° 449. 2008, pp. 24 y 29

2013/04/25

BIODIGESTORES. PRIMERA. S. 2013

<http://laenergiaparatodosytodas.blogspot.com/2013/10/si-la-energia-que-usas-no-es-renovable.html>
2013/12/26

BLÁSQUEZ, F. Sociedad de la Información y la Educación. Mérida-España. Javier Felipes. 2001, pp. 22,23 y 24

http://tecnologiaedu.us.es/tecnoedu/images/stories/soc_ed.pdf
2013/07/19

CALERO, D., & NACIMBA, C. Generación de metano a partir de desechos orgánicos y aplicación en un motor de combustión interna para generación de energía eléctrica. (tesis) (Ing. Automotriz). Escuela Politécnica del Ejército. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Automotriz. Extensión Latacunga-Ecuador. 2011, pp. 19.

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3814/1/T-ESPEL-0835.pdf>
2013/06/29

CONSECUENCIAS QUE ACARREAN LOS VERTIDOS. FLORAN, M. 2012

http://phpwebquest.org/newphp/webquest/soporte_mondrian_w.php?id_actividad=57926&id_pagina=2

2014/03/26

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES. Cyclus. 2002

<http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguasresiduales/tipologías/>

2013/08/12

CONTAMINANTES ORGÁNICOS. Wastewater Treatment. 2014

<http://www.pollutionissues.com/Ve-Z/Wastewater-Treatment.html>

2013/08/15

CONTAMINATES INORGÁNICOS. Cyclus. 2002

<http://www.cyclusid.com/depuracion/caracteristicas-aguas-residuales>

2013/08/15

CONTAMINANTES HABITUALES AGUAS RESIDUALES. CASTRO, J. 2011

<http://es.scribd.com/doc/60552055/10/Contaminantes-habituales-en-las-aguas-residuales>

2013/08/17

ECUADOR. Ministerio del Ambiente. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente. Libro VI. Quito-Ecuador. MAE. 2003, pp. 211, 217, 221

ESPAÑA. APHA-AWWA-WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 22. ed. Madrid-España. Díaz de Santos. 1992, pp. 90-94, 16-18, 172-176, 177-181, 185-187.

GUERRERO, M. CLARA D. et al. Optimización de un biodigestor en la depuración de agua residual con estiércol de ganado bovino. (tesis) (Ing. Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2011, pp. 48-50

<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1215/14/UPS-CT002194.pdf>

2013/12/20

HISTORIA DE LOS BIODIGESTORES. TAYLER, O. 2013

<http://bio-digestores.blogspot.com/2012/06/historia.html>

2013/07/12

LARA, E. & HIDALGO, M. Diseño de un biorreactor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno. (tesis) (Ing. Bio. Tec. Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Químicas. Escuela de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2011, pp. 98-108.

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1652/1/236T0056.pdf>

2013/06/20

MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF. Manual del Biogás. Santiago-Chile. 2011, pp. 15-25

http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2011/manual_biogas.pdf

2014/02/08

NIVELES DE TRATAMIENTO DEL AGUA. Derechos Reservados. 2009

www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/nivelestratamiento.html

2014/01/28

PASCUAL, F. JUAN, B. Rediseño y ensayo de un biodigestor en la granja experimental de la universidad de autónoma Chapingo. (tesis) (Ing. Mecánica Agrícola). Universidad Autónoma Chapingo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería en Mecánica Agrícola. Chapingo-México. 2011, pp. 11, 18-19, 21-23.

<http://www.chapingo.mx/dima/contenido/tesis2011/tesisPascual.pdf>

2013/07/02

PROAÑO, H. GABRIEL, A. Optimización en la operación de un biodigestor a escala piloto y caracterización de productos y materia prima. (tesis) (Ing. Químico). Universidad San Francisco de Quito. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Quito- Ecuador. 2011, pp. 15-16.

<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/999/1/100164.pdf> 2013/07/08

RESIDUOS ORGÁNICOS. Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo. 1991

http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.

2014/05/10

TIPOS DE AGUAS RESIDUALES. Bligoo. 2012

<http://osvyaguaysaneamiento.bligoo.com/tipos-de-aguas-residuales#.U8AkoRxfGYU>

2013/06/03

TRATAMIENTO DEL AGUA. Ecototal. 2014

<http://www.agricultura-ecologica.com>

2013/07/16

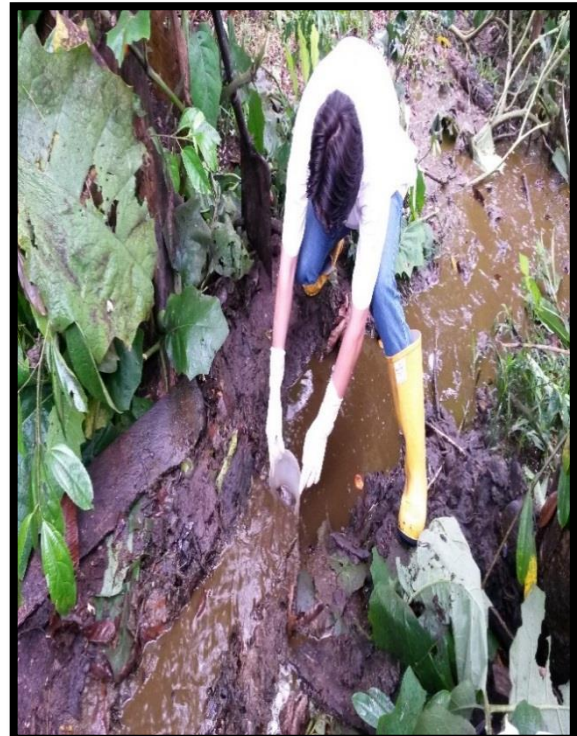
TRATAMIENTOS QUÍMICOS. Grundfos. 2010

<http://mx.grundfos.com/industriessolutions/applications/chemical-treatment-wastewater.html>

2014/05/01

ANEXOS:

ANEXO 1: TOMA DE MUESTRAS DEL LAVADO DEL ESTABLO PARA ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS.



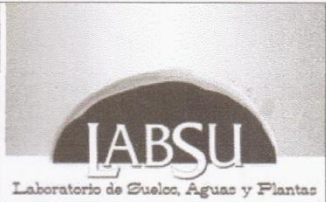
ANEXO 2: ESTIÉRCOL DIARIO CUANTIFICADO EN EL ESTABLO.



ANEXO 3: MUESTREO



ANEXO 4: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:


Recogidas por..... Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra..... 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis..... 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis..... T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.


AMC 1..... Muestra de agua, Descarga de un establo de ganado vacuno de la
 finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 1	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	-	8,13	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	*Sólidos totales	mg/L	38 5786,97	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	-
3	*Sólidos totales suspendidos	ml/L	2 500	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	-
4	Conductividad eléctrica	mS/cm	5,81	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
5	*Sólidos sedimentables	mg/L	68,75	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	-
6	*Demanda química de oxígeno	mg/L	813,6	PEE-LABSU-89	HACH 8000	-
7	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	570	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	-
8	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	1,2	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO ₃	± 26%
9	Nitratos NO ₃	mg/L	5,4	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO ₃	± 26%
10	Coliformes totales	Col/100 mL	1.8 * 10 ⁷	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
11	Coliformes fecales	Col/100 mL	2.0 * 10 ⁶	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 DIRECTOR TÉCNICO



 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemade S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por.....Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.

AMC 2..... Muestra de agua, Descarga de un establo de ganado vacuno de la
 finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 2	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,09	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	*Sólidos totales	mg/L	34 8003,32	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	~
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	2 000	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Conductividad eléctrica	mS/cm	5,80	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	59,39	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~


3.- Responsables del Informe:

Autorización:  **Dr. Fabián Arias Arias**
 DIRECTOR TÉCNICO


 **Ing. Ricardo Caicedo Parra**
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P: de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por.....Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.

AMC 3..... Muestra de agua, Descarga de un establo de ganado vacuno de la
 finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 3	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,14	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	160 053,77	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	2 300	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Conductividad eléctrica	mS/cm	6,20	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	60,20	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~

3.- Responsables del Informe:


Autorización: 
 DIRECTOR TÉCNICO



 Ing. Ricardo Calcedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

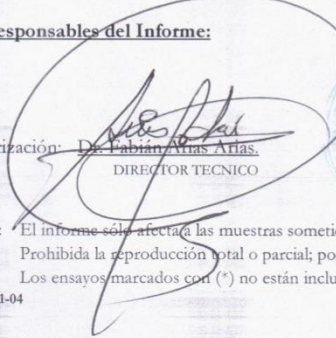
1.- Datos generales:

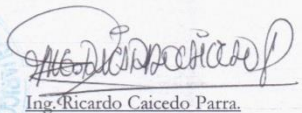
Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 AMC 4 Muestra de agua, agua de grifo finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 4	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	6,89	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Sólidos totales	mg/L	158,50	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	5,0	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Conductividad eléctrica	uS/cm	242	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	14,11	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 24%
7	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1,7	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
8	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	1,0	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3	± 26%
9	Nitratos NO ₃)	mg/L	4,5	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3	± 26%
10	Coliformes totales	Col/100 mL	3 600	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
11	Coliformes fecales	Col/100 mL	< 2	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%


3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 DIRECTOR TECNICO


 Ing. Ricardo Caicedo Parra
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 AMC 5 Muestra de agua de grifo finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 5	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,03	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	105,25	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	4,0	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~

3.- Responsables del Informe:

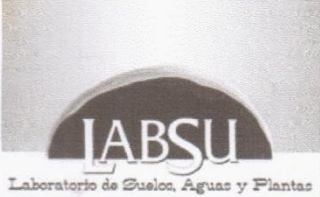
Autorización: 
 Dr. Fabián Arias Arias
 DIRECTOR TÉCNICO




 Ing. Ricardo Caicedo Parra
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemade S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.

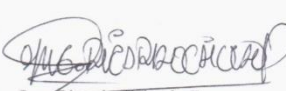
AMC 6 Muestra de agua del estero que cruza la finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 6	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	-	7,11	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	152,32	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 2	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	-
4	Conductividad eléctrica	uS/cm	127,8	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	-
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 24%
7	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	< 1,00	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	-
8	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	2,3	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO ₃	± 26%
9	Nitratos NO ₃	mg/L	10,1	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO ₃	± 26%
10	Coliformes totales	Col/100 mL	6 000	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
11	Coliformes fecales	Col/100 mL	90	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%
12	*Hongos	Col/100 ml	600	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	-
13	*Levaduras	Col/100 ml	300	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	-
14	*Escherichia coli	Col/100 mL	150	PEE-LABSU-46	SM 9222 B	-

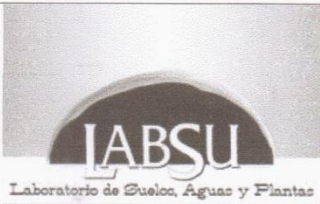
3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 DIRECTOR TECNICO


 Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.


1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 AMC 7 Muestra de agua del estero que cruza la finca Los Picolines de la
 Parroquia Guayusa.

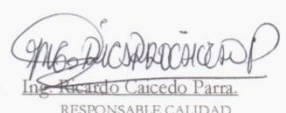
2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 7	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,09	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	161,57	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 20%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 2	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~

3.- Responsables del Informe:

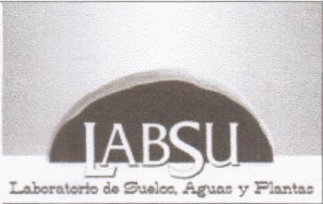
Autorización: 
 Dr. Fabian Arias Arias
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Ricardo Caicedo Parra
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

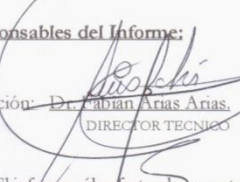
1.- Datos generales:


Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 AMC 8 Muestra de agua de vertiente cercana a la finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Item	Análisis solicitados	Unidad	AMC 8	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	6,88	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Sólidos totales	mg/L	161,73	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	±10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 2	PEE-LABSU-56	SM 2540.D	~
4	Conductividad eléctrica	uS/cm	140,7	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 8%
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
6	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 24%
7	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1,2	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
8	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	3,7	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO ₃	± 26%
9	Nitratos NO ₃	mg/L	16,3	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO ₃	± 26%
10	Coliformes totales	Col/100 mL	920	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
11	Coliformes fecales	Col/100 mL	< 2	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%
12	*Hongos	Col/100 ml	< 2	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	~
13	*Levaduras	Col/100 ml	200	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	~
14	*Escherichia coli	Col/100 mL	< 2	PEE-LABSU-46	SM 9222 B	~

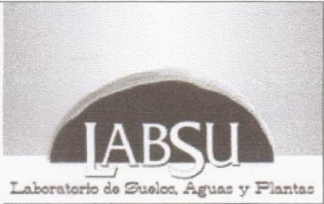
3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Dr. Fabián Arias Arias.
 DIRECTOR TECNICO


 Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.


1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 AMC 9 Muestra de agua vertiente cercana a la Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

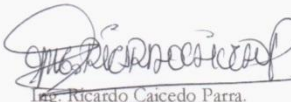
2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	AMC 9	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	6,99	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Sólidos totales	mg/L	173,15	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 2	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~

3.- Responsables del Informe:

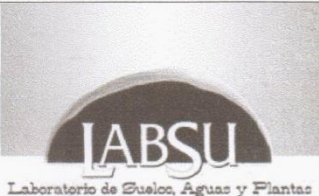
Autorización: 
 Dr. Fabian Arias Arias
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Ricardo Cacedo Parra
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemade S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: S/N		
	SPS: 13 -S/N	Análisis de aguas	

Sr. Andrés Mora

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Andrés Mora.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 09 03 06:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 09 03 08:30.
 Fecha del análisis 2 013 09 03 a 2 013 09 13.
 Condiciones Ambientales de Análisis T. Máx: 26,5°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 AMC 10 Muestra de agua del estero cercano a la finca Los Picolines de la Parroquia Guayusa.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Item	Análisis solicitados	Unidad	AMC 10	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	-	6,80	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Sólidos totales	mg/L	156,53	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 2	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	-
4	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,5	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	-

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Dr. Fabian Arias Arias
 DIRECTOR TECNICO




Ing. Ricardo Caicedo Parra
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

ANEXO 5: HOJA DE RESULTADOS DE SÓLIDOS TOTALES FALTANDO MULTIPLICAR POR LA DILUCIÓN.

[illegible]

ANEXO 6: ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras tomadas en la finca Los Picolines

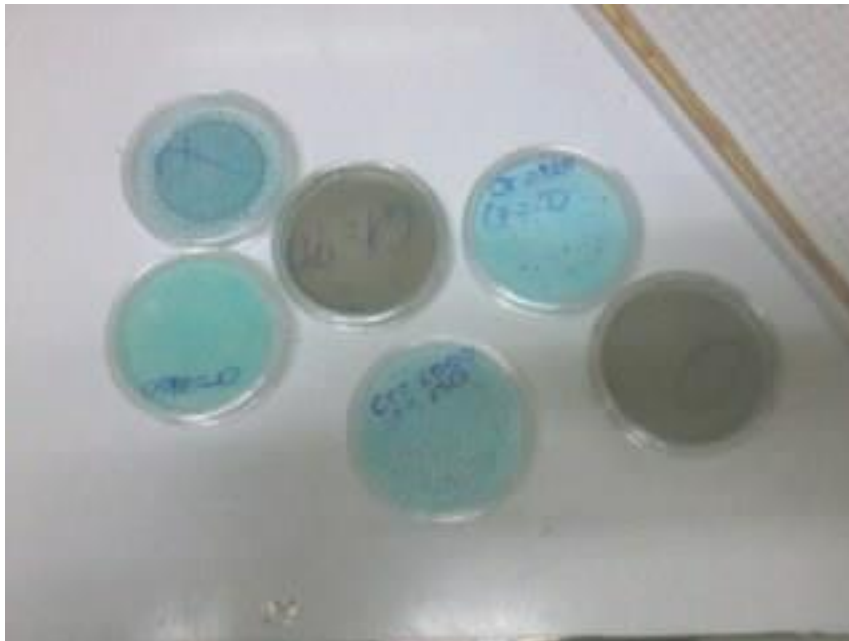


Análisis de Nitritos y Nitratos





Análisis Microbiológicos

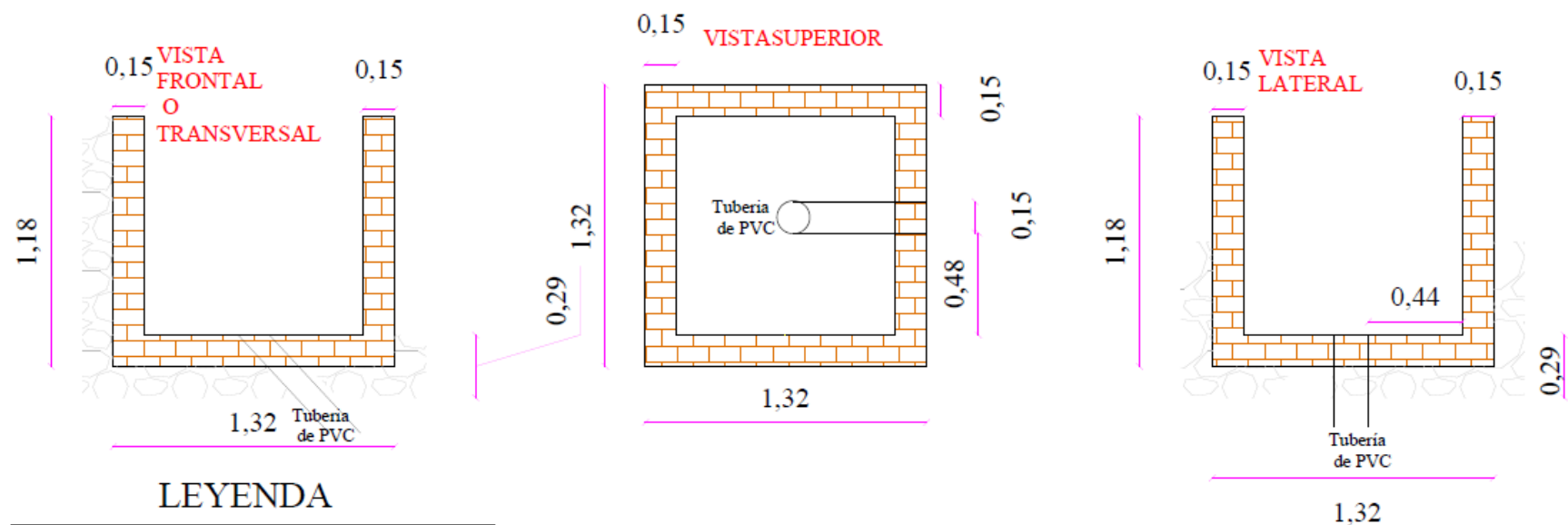




Determinación de Sólidos Sedimentables



ANEXO 7: PLANO DE LACAJA DE ENTRADA DEL BIODIGESTOR.



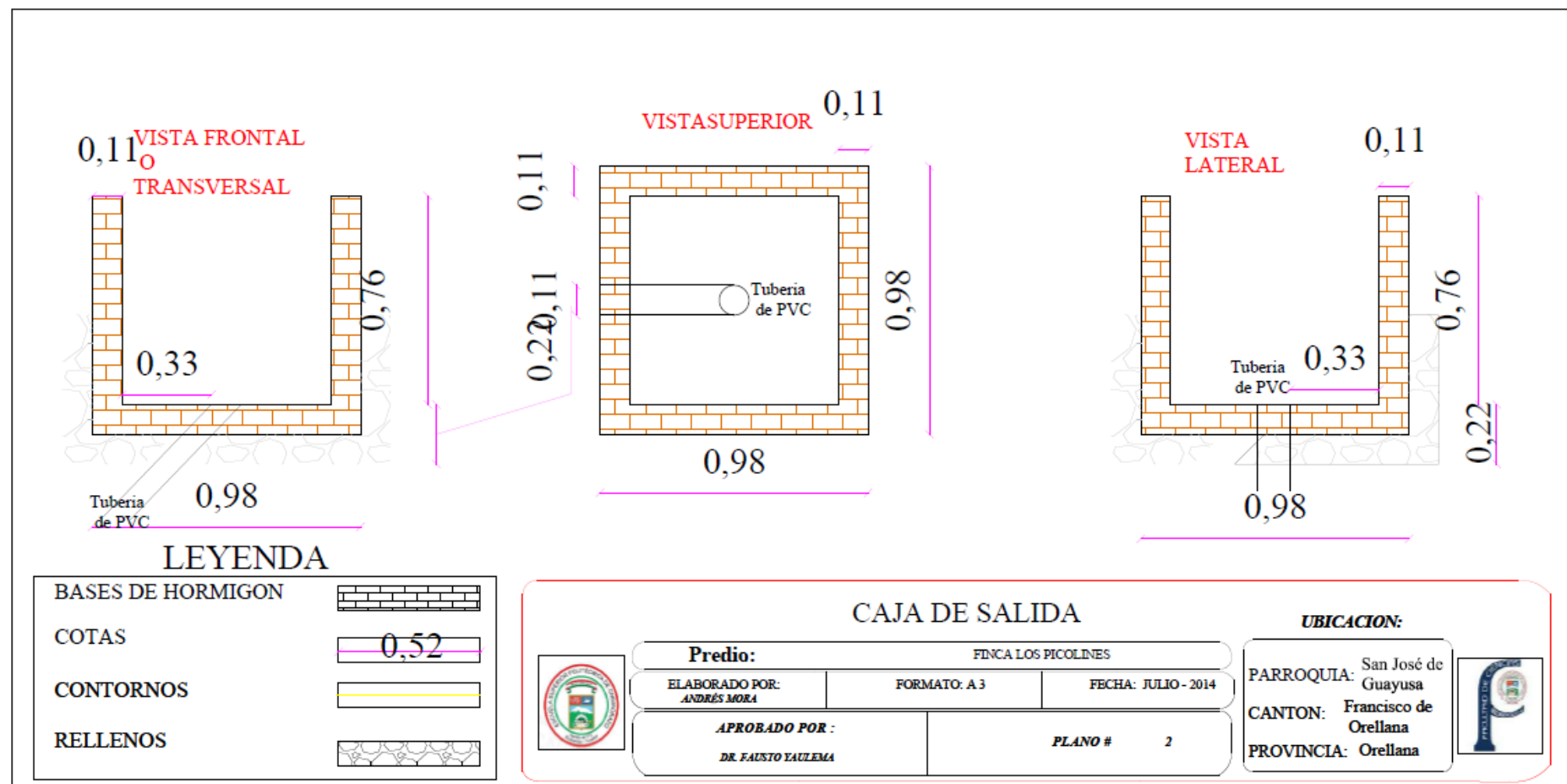
LEYENDA

BASES DE HORMIGON COTAS	
CONTORNOS	
RELLENOS	

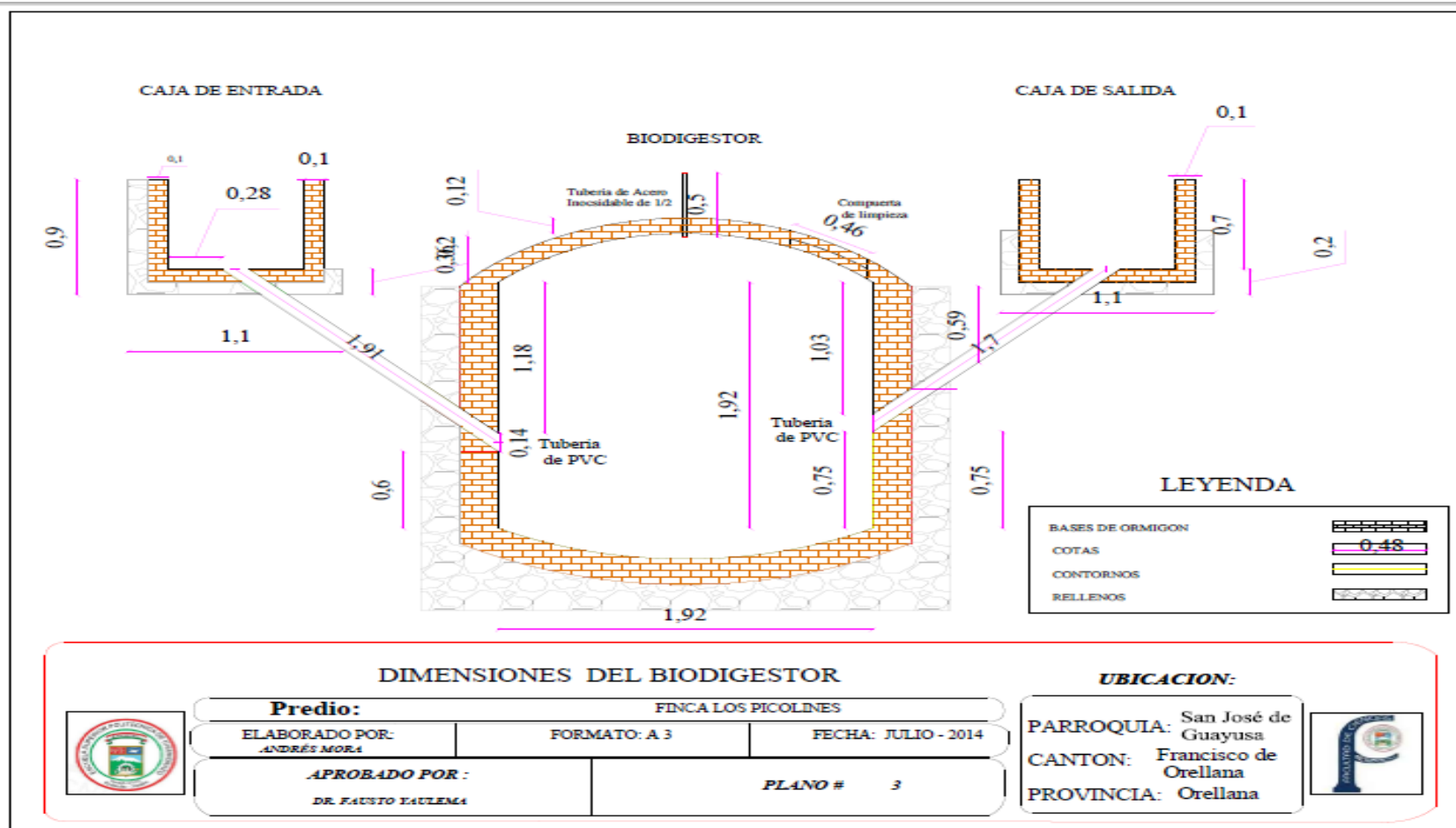
CAJA DE ENTRADA

	Predio: FINCA LOS PICOLINES	UBICACION:	
ELABORADO POR: ANDRÉS MORA	FORMATO: A 3	FECHA: JULIO - 2014	PARROQUIA: San José de Guayusa
APROBADO POR: DR. FAUSTO YAULEMA	PLANO # 1	CANTON: Francisco de Orellana	PROVINCIA: Orellana

ANEXO 8: PLANO DE LA CAJA DE SALIDA DEL BIODIGESTOR.



ANEXO 9: PLANO DE LAS DIMENSIONES DEL BIODIGESTOR.



ANEXO 10: PLANO DEL VOLUMEN FINAL DEL BIODIGESTOR.

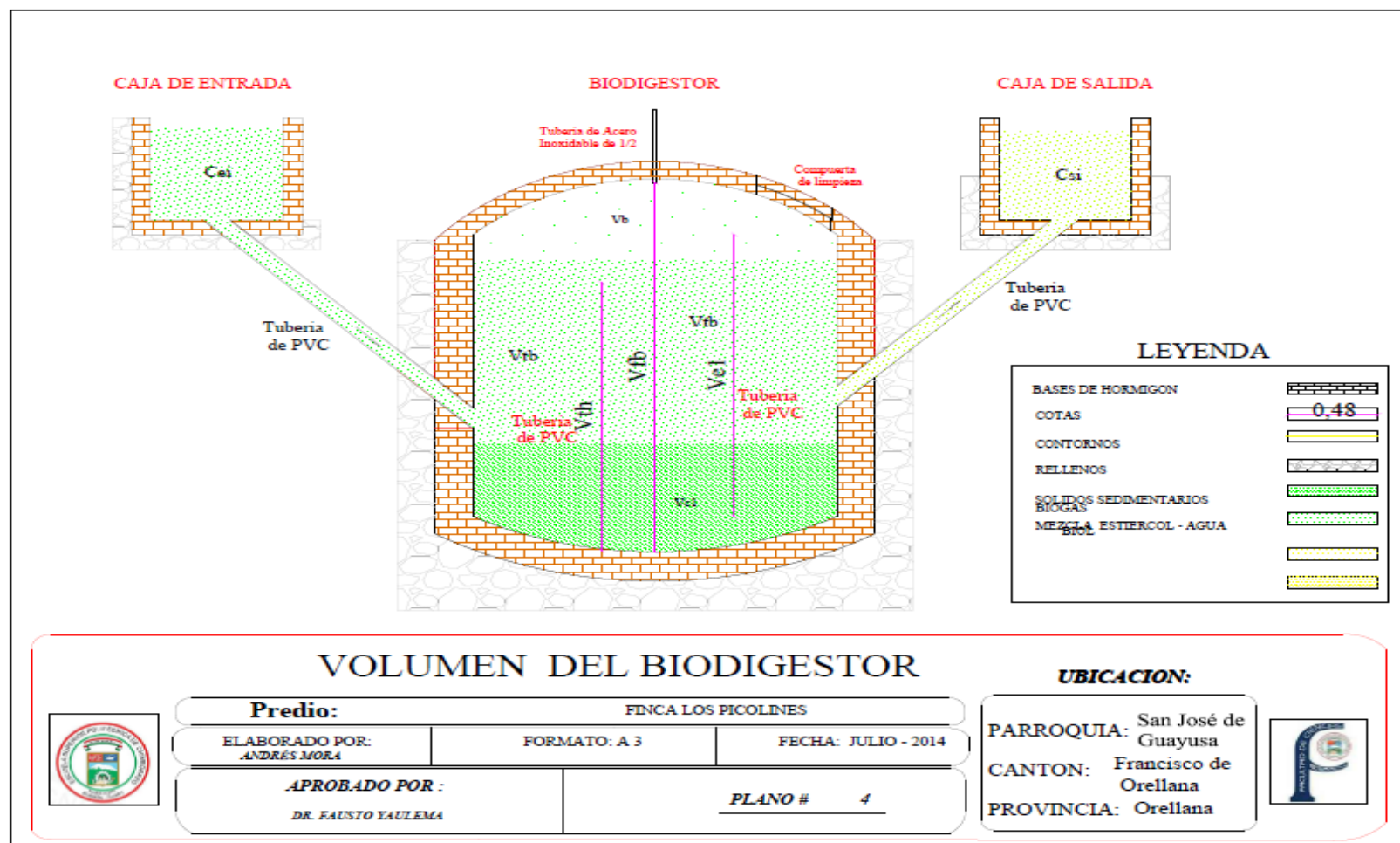


Diagrama de Vista Superior del Biodigestor. El sistema consta de tres componentes principales: una Caja de Entrada (rectángulo de 0,9m x 0,9m con una tubería de 0,1m de diámetro), un BIODIGESTOR central (círculo de 2,12m de diámetro exterior y 1,92m de diámetro interior) con una tubería de acero inoxidable de 1/2" y una compuerta de limpieza de 0,45m x 0,37m, y una Caja de Salida (rectángulo de 0,9m x 0,9m con una tubería de 0,1m de diámetro). Las tuberías de PVC tienen una longitud de 1,08m entre la caja de entrada y el biodigestor, y 0,93m entre el biodigestor y la caja de salida. Las compuertas de limpieza tienen una longitud de 0,1m. Las bases de hormigón tienen una cotas de 0,63m.

LEYENDA	
BASES DE HORMIGON COTAS	0,63
CONTORNOS	
RELLENOS	

VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR		
Predio: FINCA LOS PICOLINES ELABORADO POR: ANDRÉS MORA FORMATO: A 3 FECHA: JULIO - 2014 APROBADO POR: DR. FAUSTO TAULEMA PLANO # 5		
UBICACION: PARROQUIA: San José de Guayusa CANTON: Francisco de Orellana PROVINCIA: Orellana		

ANEXO 12: PLANO DE LA VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR, ESTABLO, VIVIENDA Y AVÍCOLA

